Darstellung der Elektrizität

von

P. M. Roget,
Sekretär der Königl. Gesellschaft.

*

Herausgegeben
von der
Gesellschaft zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse.

Aus dem Englischen
von
Dr. Franz Kottenkamp.

Neue verbesserte Auflage.

Mit vielen Abbildungen.

Stuttgart:
Rieger'sche Verlagsbuchhandlung.
1851.

Druck der Rieger'schen Officin in Stuttgart.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Thatsachen und Grundsätze.

1. Die Wissenschaft der Elektrizität, welche jetzt eine der wichtigsten Zweige der Physik bildet, und eine Menge Gegenstände für die Untersuchung umfaßt, die an sich selbst sehr merkwürdig und wegen ihrer Beziehung auf jeden Zweig der Natur höchst interessant sind, ist durchaus neueren Ursprungs. Die Alten waren mit einzelnen Thatsachen bekannt, die von der Wirksamkeit der Elektrizität abhängen, z. B. mit der Anziehungskraft, die Bernstein durch Reibung erhält, mit den bedeutenden Schlägen, die man bei der Berührung von elektrischen Fischen erhält und mit der Erscheinung der Funken und Lichtströme, die bei einigen Gelegenheiten aus dem Menschenkörper hervorgehen; allein man hatte keine Ahnung, daß alle diese Erscheinungen im Zusammenhang ständen; man bildete sich noch weniger ein, dies seien die Wirkungen einer Kraft, welche alle materiellen Körper durchdringt und welche in ausgedehntester Weise an allen Verfahrungsweisen der Natur Antheil hat.

2. Erst allmählig erlangte man diese Kenntniß. Der erste Schritt, um alle diese Erscheinungen in ein System einzureihen, geschah 1600 durch den englischen Arzt Gilbert, welcher eine sehr werthvolle Schrift über den Magnet herausgab. Dieser bemerkte, noch mehrere andere Körper, wie Bernstein, könnten durch Reibung dahin gebracht werden, daß sie leichte Körper anzögen; so kam er zu der Entdeckung einer allen diesen Körpern gemeinschaftlichen Eigenschaft. Die Körper mit dieser Eigenschaft, erhielten den Namen elektrische, nach dem Griechischen Namen für Bernstein (Elektron) und die von denselben geäußerte Kraft wurde Elektrizität genannt. Die Beobachtungen von Boyle, Guericke, Newton und andern Naturforschern jener Zeit beförderte die Ausdehnung dieser Kenntniß in dieser Hinsicht; indeß die ganze, während des siebenzehnten Jahrhunderts gesammelte Kenntniß belief sich noch auf Nichts, was den Namen Wissenschaft verdiente. Die eigentliche Wissenschaft der Elektrizität entstand erst in einer spätern Zeit, und zwar als das erste Ergebniß des thätigen Forschergeistes, der sich im Beginn des achtzehnten Jahrhunderts über Europa verbreitete. Die Er-

richtung der Königl. Gesellschaft in London scheint auf die Ausbildung der Theorie der Elektrizität Einfluß geübt zu haben; fast jede Entdeckung in dieser Wissenschaft geschah nämlich von deren Mitgliedern, oder ist in den Verhandlungen dieser Gesellschaft berichtet worden. Allein erst im jetzigen Jahrhundert entdeckte man die ausgedehnten Beziehungen, welche die Elektrizität mit so vielen andern Zweigen der Physik verknüpfen und ertheilte deren Wichtigkeit die gehörige Würdigung. Wir sahen in diesem kurzen Zeitraum eine neue Wissenschaft entstehen, welche auf der besonderen Art der Elektrizität gegründet ist, die man unter dem Namen Galvanismus kennt. Dadurch haben wir neue Instrumente der Analyse, neue Wege der Untersuchung und neue Vermögen erlangt, die Wissenschaft auszudehnen, und dadurch haben wir es vermocht, Verbindungen zwischen mehren der großen Kräfte aufzufinden, die bei den Erscheinungen der materiellen Welt betheiligt sind. Elektrochemie ist so als einer der Verbindungszweige zwischen den entfernt liegenden Abtheilungen der Physik entstanden. In noch neuerer Zeit ist uns durch Elektromagnetismus ein anderer neuer Bereich der Wissenschaft erschlossen worden, welcher eine natürliche Verbindung zwischen zwei Kräften herstellt, die man bisher als abgesondert betrachtete.

Der Gang der Förderung dieser Wissenschaft war so schnell, daß diejenigen, deren Aufmerksamkeit nicht fortwährend und ausschließlich diesem besondern Gegenstand gewidmet ist, mit dem Fortschritt der Entdeckung nicht Schritt halten können. Das von zahlreichen Forschern eingesammelte Material ist so schnell auf uns eingedrungen, daß kaum Zeit vorhanden war, demselben seinen gehörigen Platz anzuweisen, um es in ein System passend einzureihen. Es ist zu beklagen, daß bis jetzt noch kein allgemeines und umfassendes Werk vorhanden ist, welches alle diese ausgedehnten und verwickelten Gegenstände neuer Untersuchungen umfaßt und daß man die gesuchte Belehrung aus einer Masse von Journalen und andern gemischten Quellen sich sammeln muß, wo die Thatsachen unregelmäßig zerstreut liegen und wo ihre Aufsammlung viel Zeit und Mühe kostet. Es ist der Zweck dieser Abhandlungen, diesen Mangel einigermaßen zu ersetzen, so weit wenigstens die Sache auf den Unterricht Derjenigen Bezug hat, welche vorher mit der Sache nicht bekannt sind und den Wunsch hegen, in die Geheimnisse des Gegenstandes eingeweiht zu werden.

3. Um die klarsten und wichtigsten Ansichten von dem Gegenstand zu erwecken, werden wir damit beginnen, unab-

hängig von aller Theorie, die allgemeinsten auf die Elektrizität bezüglichen Thatsachen anzugeben und dieselbe zuerst in ihrer einfachsten Form zeigen; wir werden alsdann zweitens die Theorien darlegen, welche aufgestellt worden sind, um die Thatsachen in Zusammenhang zu bringen; drittens werden wir die Verbindung erforschen, um ihre verwickelten Resultate zu enthüllen, und zuletzt denselben in der praktischen Anwendung folgen.

4. Die allgemeinen, auf die Elektrizität bezüglichen Thatsachen lassen sich in folgende Abtheilungen einreihen:

1. Erregung.	4. Vertheilung.
2. Anziehung.	5. Induktion.
3. Abstoßung.	6. Uebertragung.

§. 1. Von Erregung, Anziehung und Abstoßung.

5. Wenn ein Stück Bernstein oder Siegellack oder eine glatte, vollkommen reine Glasoberfläche mit einem trockenen Wollentuch stark gerieben und gleich nachher über kleine und leichte Körper, wie Papierstücke, Fäden, Kork, Stroh, Federn oder Goldschaum, die auf einen Tisch gestreut sind, gehalten wird, so werden diese Körper nach der geriebenen Oberfläche hinfliegen und eine Zeitlang dort hängen bleiben. Die Oberflächen, welche so durch Reibung diese Anziehungskraft erlangt haben, nennt man elektrisch erregt und die Stoffe selbst, welche so der Erregung fähig sind, nennt man elektrisch, im Gegensatz zu solchen, die nicht durch ein ähnliches Verfahren erregbar sind und die man deßhalb nichtelektrische (anelektrische) nennt.

6. Die hauptsächlichsten Naturstoffe sind folgende: Bernstein, Gummilack, Harz, Schwefel, Glas, Talk, Edelsteine, Seide, der Pelz der meisten Vierfüßler und beinahe alle Pflanzenstoffe (mit Ausnahme der Kohle), welche durchaus der Feuchtigkeit beraubt sind, z. B. ausgedörrtes Holz und sehr trockenes Papier.

7. Sind die Körper, welche durch die erregten elektrischen angezogen waren, eine gewisse Zeitlang damit in Berührung geblieben, so hört die Kraft, welche sie zusammenhielt, zu wirken auf; die Körper weichen von ersteren zurück und sind die letzteren wieder dargeboten, so werden sie, vorausgesetzt, daß sie keinen anderen Körper berührten, abgestoßen oder fortgetrieben, anstatt angezogen zu werden, und dieser Wechsel zur Abstoßung findet langsamer bei einigen Stoffen wie bei andern statt; einige werden eine beträchtliche Zeitlang an dem elektrischen haften, bevor sie zurückweichen; andere dagegen, und besonders metallische Körper, werden im

Augenblick der Berührung abgestoßen. Der Grund wird sich nachher ergeben.

8. Auch ist zu beachten, daß zwei Körper, die beide mit demselben elektrischen Stoffe in Berührung gekommen sind, gegenseitig einander abstoßen.

9. Die Erscheinungen elektrischer Anziehung und Abstoßung beobachtet man am besten, wenn elektrische Körper beträchtlicher Größe gebraucht werden. Für die Versuche, die wir beschreiben wollen, ist es passend, jene in cylindrischer Form anzuwenden, durch welche sie sich leichter in der Hand halten lassen und leichter überall hingebracht werden können, wo man sie hinstellen will. Wir können als unsern elektrischen Körper einen dicken Cylinder von Siegellack oder von Schwefel anwenden. Wählt man Glas, so sollte dies in Form einer Röhre von beträchtlichem Durchmesser geschehen und dieselbe sollte vor dem Versuch am Feuer leicht erwärmt werden, um alle Feuchtigkeit von der Oberfläche zu vertreiben. Zum Reibzeug brauche man ein seidenes Halstuch, ein Stück reinen Flanell, oder den Pelz eines Vierfüßlers. Das Material, welches aber die größte Wirkung mit Glas gerieben hervorbringt, ist ein Amalgam oder eine Mischung von Quecksilber mit Zinn oder Zink. Von welcher Art aber auch der Stoff sein mag, so muß er vollkommen trocken sein; um diesen Zustand hervorzubringen, muß man ihn vor dem Gebrauch einige Zeit ans Feuer halten.

10. Ist nach Beachtung dieser Vorbereitung eine genügend starke Erregung des Cylinders erlangt worden, so können wir mehre andere Erscheinungen außer der Anziehung erkennen. Wird der Versuch in einem dunklen Zimmer gemacht, so sieht man Blitze von bläulicher Farbe während der Reibung sich über jeden Theil der geriebenen Oberfläche ausdehnen; Funken mit einem scharfen plötzlichen Geräusch werden in jeder Richtung in der Runde umher fahren. Wird ein runder Körper, z. B. eine Metallkugel, denselben dargeboten und von einem Ende zum andern bewegt, so wird man eine Aufeinanderfolge von Funken erhalten, wenn die Kugel über die Oberfläche einherfährt; wird der Knöchel anstatt der Metallkugel hingehalten, so ist jeder Funken mit einem stechenden Gefühle begleitet; wird der elektrisch erregte Cylinder an das Gesicht gehalten, so empfindet man ein unangenehmes Gefühl des Kitzelns auf der Haut, als sei dieselbe mit einem Spinngewebe bedeckt.

11. Wird eine Metallkugel an seidenen Fäden in die Luft gehängt und in dieser Lage mit einem elektrischen Körper wie Seide, Pelz oder mit der Außenseite einer Katzenhaut

gerieben, so wird sie ebenfalls elelektrisch und es werden sich dieselben Eigenschaften der Anziehung und Abstoßung zeigen, als sei die Kugel selbst ein elektrischer Körper. Bei diesem Versuch ist es ein wesentliches Erforderniß, daß sie auf die genannte Weise isolirt oder vor Berührung irgend eines Stoffes, mit Ausnahme der Luft und des elektrischen Stoffes, der sie hält, abgeschnitten wird.

12. Verschiedene Arten sind erfunden worden, um die Anziehung und Abstoßung der Elektrizität bestimmt zu zeigen und Anzeichen für deren Gegenwart zu erhalten, wenn sie nur in geringem Grad vorhanden ist.

Werkzeuge zu solchem Zweck nennt man Elektroskope. Eins der einfachsten ist das Elektroskop von Hauy, demjenigen sehr ähnlich, welches Gilbert früher vorgeschlagen hatte. Es besteht aus einer leichten Metallnadel, an jedem Ende mit einer leichten Kugel von Holzmark (Hollundermark), die mit einem goldenen Plättchen überzogen und in horizontaler Richtung in ihrer Mitte durch eine Kappe auf einer feinen Spitze gehalten wird. Die anziehende oder abstoßende Kraft eines an die Kugel gehaltenen Körpers wird alsdann durch die Bewegung der Nadel angezeigt (Fig. 2).



Fig. 1.



Fig. 2.

13. In einigen Fällen ist es passender, ein Paar ähnliche Kugeln anzuwenden, die an einer Messingkugel hängen, welche an dem Ende einer gläsernen Handhabe festsitzt. Das Paar feiner Kugeln muß an silbernen Dråhten oder hänfenen Fäden hängen, die vorher in eine Salzauflösung eingetaucht und alsdann getrocknet wurden.

14. Cavallo hat einen Elektroskop derselben Art erfunden, welches den Vortheil besitzt, daß es tragbarer wie das von Hauy ist und wahrscheinlich eben so gute Dienste leistet, da es eben so empfindlich ist. Es besteht aus zwei kleinen feinen Silberdrähten, wovon jeder an einem Ende eine kleine Korkkugel oder das Mark des Hollunderbaumes hat; die andern Ende der Drähte hängen an einem ziemlich langen und an beiden Enden spitz zugehenden Korke, so daß derselbe in die Mündung einer gefirnißten Glasröhre paßt, welche sowohl zur Handhabe des Instrumentes beim Gebrauch, wie als Gehäuse dient, wenn man dasselbe in der Tasche trägt. Wird eine solche Röhre als Elektroskop gebraucht, so werden die

Drähte mit den Markkugeln aus dem Ende der Röhre heraushängen und durch den Grad ihres Auseinanderweichens die Elektrizität anzeigen, die ihnen mitgetheilt worden ist (Fig. 4). Wird dies Instrument nicht gebraucht, so thut man die Drähte in die Röhre, indem man sie umkehrt und sie mit dem andern Ende des Korkes verschließt (Fig. 3).

15. Um die Umstände zu beobachten, welche die elektrische Anziehung begleiten, brauche man kleine Gestelle, von deren Enden an Fäden ein oder zwei Kugeln von Mark hängen, ungefähr von der Größe einer kleinen Erbse, wie Fig. 5 zeigt.



Fig 3.

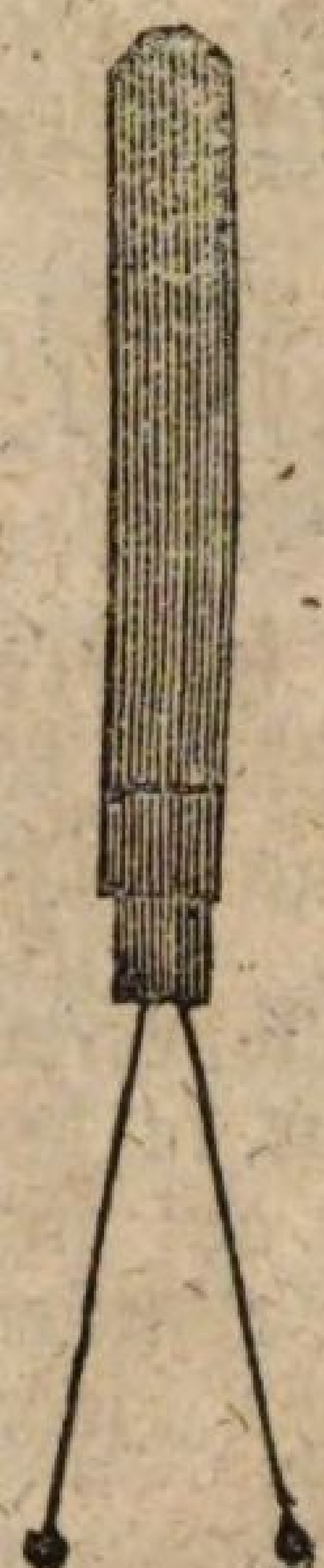


Fig. 4.

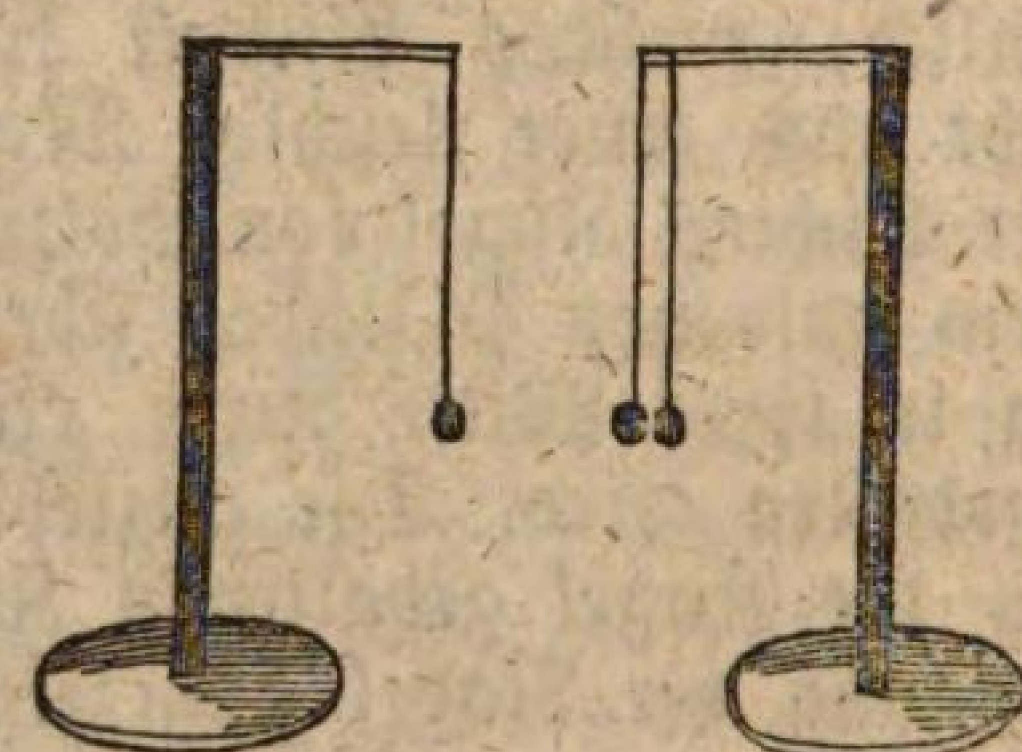


Fig. 5.

§. 2. Vertheilung und Uebertragung.

16. Wird ein elektrisch erregter Körper einer Kugel von Holzmark genähert, die an Seide hängt, so wird die Kugel zuerst damit in Berührung kommen und eine kurze Zeit daran hängen bleiben; alsdann aber wird sie sogleich von dem elektrischen Körper zurückfahren und die Abstoßung zeigen.

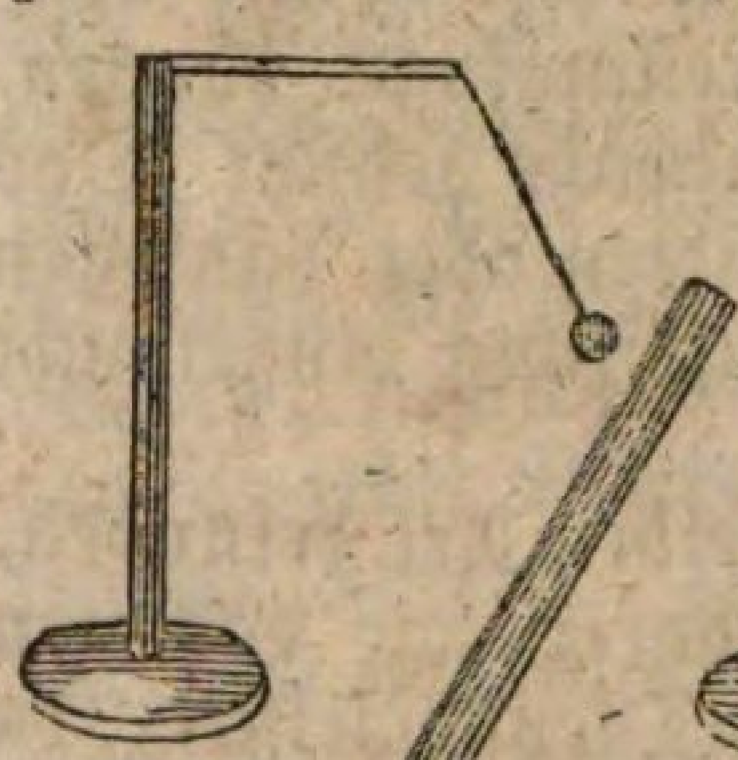


Fig 6.

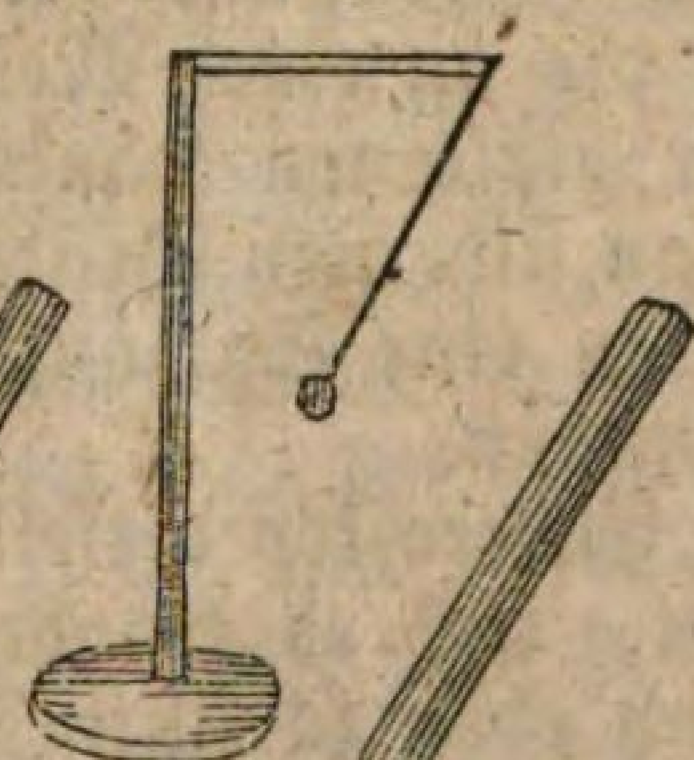


Fig. 7.

Wenn wir nun den elektrischen Körper entfernen und zur Kugel, die ihn so berührt hat, eine zweite Kugel bringen, die früher in keiner Verbindung mit einem elektrischen Körper stand, so sehen wir, daß diese zwei Kugeln einander anziehen und in Berührung kommen. Dieselbe Wirkung wird zwischen einer zweiten und dritten Kugel wiederholt, die ihr vielleicht geboten wird, und so weiter bei mehren aufeinander folgenden, wobei sich aber immer die Kraft verhältnißmäßig vermindert. Diese Verminderung zeigt deutlich die Abnahme

der Kraft durch ihre Vertheilung unter eine Anzahl von Körpern.

17. In Verfolg dieser Versuche werden die Wirkungen mehr in die Augen fallen, wenn wir statt kleine Markkugeln eine größere Metallkugel brauchen, welche die Aufnahme einer beträchtlichen Menge dieses elektrischen Einflusses durch Berührung mit dem erregten elektrischen Körper gestattet. Eine Kugel an seidenen Fäden ebenso wie die Markkugel aufgehängt, welche in ausgedehnter Weise den elektrischen Körper berührt hat, wird auf diese Kugeln ganz in derselben Weise einwirken, wie der ursprünglich elektrische Körper eingewirkt haben würde und kann deßhalb bei allen diesen Versuchen an die Stelle desselben gesetzt werden; sie befindet sich genau in demselben Verhältniß wie die schon erwähnte vom elektrischen Körper berührte Kugel.

18. Aus diesen Thatsachen ziehen wir den Schluß, daß der elektrische Körper allen Theilen der Kugel Eigenschaften mitgetheilt hat, welchen denjenigen durchaus ähnlich sind, die bei ihm selbst durch Reibung erzeugt wurden. Durch wiederholte Berührung einer Anzahl von Körpern wird ein elektrisch erregter Körper seine elektrische Kraft in demselben Grade verlieren, wie diese Kraft von den Körpern selbst erlangt worden ist und allein frische Erregung vermag dieselbe zu erneuern. Somit ist es klar, daß das unbekannte wirksame Mittel, welches wir Elektrizität nennen, in derselben Art übertragen werden kann, wie die Wärme eines Körpers von einem andern mitgetheilt wird, und daß sie wie die Wärme durch Zerstreuung unter eine Anzahl Körper geschwächt wird.

19. Wird die elektrisch erregte Kugel mit dem Finger berührt, so wird sie ihrer ganzen Elektrizität beraubt, welche in den Körper der berührenden Person übergeht. So gelangt die Kugel zu ihrem ursprünglichen oder natürlichen Zustand und kann entweder durch einen elektrisch erregten oder einen andern Körper angezogen werden, dem die Elektrizität früher mitgetheilt worden ist.

Wenn der elektrisirte Körper statt des Fingers mit einer von der Hand gehaltenen Metallstange berührt worden wäre, so würde die Wirkung dieselbe gewesen sein; daraus können wir schließen, daß die Metallstange von dem Körper dessen ganze Elektrizität fortzutragen vermag. Braucht man aber eine Glasstange, so ist die Wirkung sehr verschieden; der berührte Körper behält seine ganze Elektrizität bei, ob er gleich von der Glasstange berührt worden ist. Daraus folgt, daß einige Stoffe, z. B. Glas, die Elektrizität nicht zu leiten vermögen, während andere, wie Metalle und der menschliche Körper, dies bereitwillig ausführen.

20. Man findet unwandelbar, daß alle elektrischen Körper zugleich Nichtleiter (idionelektrisch) sind. Leiter dagegen sind nichtelektrisch (anelektrisch). Die beiden Eigenschaften, die Fähigkeit, elektrisch erregt zu werden, und die Fähigkeit, Elektrizität zu leiten, scheinen miteinander unverträglich; die eine mindert sich stets im Verhältniß wie die andere sich steigert. Das Verbleiben der Elektrizität in metallischen Körpern, welche an seidenen Fäden in der Luft hängen, beweist, daß die Luft ebensowohl wie die Seide ein Nichtleiter ist.

Körper, welche auf diese Weise von allen Seiten mit Nichleitern umringt werden, heißen isolirt. Wird dieser Zustand nicht beobachtet, d. h. steht der Körper mit Leitern in Berührung, welche mit der Erde eine Verbindung haben, so wird die Elektrizität auf den so ihr eröffneten Kanal entweichen und durch Ergießung in die Masse der Erde verloren gehen, welche aus einem Material von Leitern besteht und als der Behälter für Einsaugung von Elektrizität und für Lieferung derselben betrachtet werden kann. Daraus erkennen wir, weßhalb es nicht möglich ist, die Elektrizität in einen Leiter aufzuhäufen, so lange derselbe in der Hand gehalten wird, und weßhalb elektrische Körper allein einer bleibenden Erregung fähig sind.

21. Das Isolirungsvermögen der Atmosphäre hängt natürlich von zwei Umständen ab, von ihrer Dichtigkeit und Trockenheit. Die Luft mit der Dichtigkeit, die sie beim gewöhnlichen Druck der Atmosphäre hat und vollkommen trocken, ist ein guter Isolator, obgleich sie auf der Oberfläche des elektrisch gemachten oder erregten (elektrisirten) Körpers sehr schnell erneut wird. Dies ist von Franklin durch einen Versuch bewiesen worden, worin derselbe eine elektrisirte Kugel an einen Seidenfaden sich ungemein schnell um den Kopf drehte, so daß mehre hundert Umdrehungen damit gemacht wurden, worauf Franklin bemerkte, daß die Kugel hierdurch keinen merkbaren Theil ihrer Elektrizität verloren hatte. Weder eine Vermehrung noch Verminderung der Temperatur scheint die Isolirkraft der Luft zu vermindern, im Verhältniß aber, wie sie durch Verminderung des oberen Druckes verdünnt wird, vermindert sich auch ihr Vermögen, Elektrizität einzuschließen, bis sie zuletzt bei sehr großer Verdünnung kaum einen Widerstand dem Durchgange einer sogar sehr schwachen Elektrizität entgegensetzt; alsdann kann man sie zu Leitern rechnen. Dies ist der Fall bei dem unvollkommenen leeren Raum, welcher durch die Luftpumpe entsteht, aus welchem kleine Quantitäten Luft abzuhalten beinahe unmöglich ist. Sogar in dem Raume, der in den

oberen Theil der Barometerröhre durch das Sinken des Quecksilbers entsteht, oder in dem torricellischen leeren Raume, wie man denselben nennt, findet sich meist ein kleiner Theil Luft, sowie auch Quecksilberdunst, welcher zur Leitung der Elektrizität genügt. Kleine Luftkügelchen hängen gewöhnlich am Quecksilber und an den Seiten der Röhre; und diese dehnen sich bei Entfernung des Druckes in einer Atmospähre aus. Morgan hat behauptet, daß man einen vollkommen leeren Raum erhalten könne, welcher die Elektrizität nicht leite, wenn man sehr reines Quecksilber gebrauche und es lange Zeit in der Röhre koche. Sein Versuch jedoch ist vor sehr langer Zeit gemacht worden und erheischt eine sehr sorgfältige Wiederholung, bevor man sich auf das Resultat verlassen kann.

22. Der Umstand, welcher das Leitungsvermögen der atmosphärischen Luft bedingt, beruht darauf, daß sie einen größern oder geringern Grad Feuchtigkeit enthält: Wasser ist ein sehr guter Elektrizitätsleiter und derjenige Theil, welcher in der Luft enthalten ist, wirkt mit großer Kraft darauf hin, Elektrizität aus dem damit beladenen und von Luft umgebenen Körper zu ziehen. Auch heftet sich Feuchtigkeit leicht an Glas und andere elektrische Körper und nimmt ihnen das Isolirungsvermögen. Deßhalb werden Versuche, die beim hellen, trockenen Tage gelingen, bei feuchtem Wetter keinen Erfolg haben, und daraus ergibt sich die Nützlichkeit, einer vorhergehenden Austrocknung eines jeden Theils der Vorrichtung um soviel wie möglich die Einwirkung der Feuchtigkeit auszuschließen.

23. Die Leitungsvermögen der meisten Körper erleiden Einfluß durch Veränderung der Temperatur und Gestalt. So ist Wasser in flüssigem Zustand zwar ein guter Leiter, verliert aber gefroren in der Gestalt von Eis viel von seinem Leitungsvermögen; bei einer sehr niedrigen Temperatur, nämlich bei 13° Fahrenheit, hört das Vermögen gänzlich auf. Achard, welcher diese Thatsache beobachtete, machte aus dem Eis in dieser Temperatur ein Sphäroid, stellte dasselbe auf eine Axe und konnte es wie jeden andern elektrischen Körper durch Reibung elektrisch erregen. Andererseits wird das Leitungsvermögen des Wassers gesteigert, wenn man seine Temperatur erhöht. Auch Kohle leitet Elektrizität leichter heiß wie kalt. Glas welches kalt ein Nichtleiter ist, wird rothglühend ein ziemlich guter Leiter, und eine ähnliche Veränderung findet sich im Schwefel und in harzigen Substanzen, wenn dieselben geschmolzen sind, auch in getrocknetem Holz, wenn man dasselbe erhitzt. Auch die Veränderung eines Körpers in Pulver hat oft Einfluß auf das Leitungsvermögen. Schnee

leitet leichter wie Eis derselben Temperatur. Dasselbe gilt von gepulverter Kohle, vergleicht man sie mit demselben Stoff in ganzem Zustand. Glas dagegen erlangt Leitungsvermögen durch Pulverisirung, wie van Swinden bewiesen hat, der dieselbe Beobachtung auf Schwefel ausdehnte.

Viele Körper die in ihrem gewöhnlichen Zustand gute Elektrizitätsleiter sind, verlieren dies Vermögen nach einer starken Austrocknung. Dies ist der Fall bei frischen Pflanzen und Thierstoffen, deren Leitungsvermögen einzig von dem in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten zu stammen scheint.

24. Genau genommen, gibt es keine bisher gekannte Substanz, welche der Elektrizität vollkommen undurchdringlich wäre; die Kraft dieses wirkenden Mittels läßt sich nämlich so steigern, daß sie auf eine gewisse kleine Entfernung durch alle Körper gezwängt werden kann; auch gibt es keinen Körper, worin das Leitungsvermögen unendlich groß wäre, d. h. dasjenige, welches der Ueberlieferung der Elektrizität keinen Widerstand entgegensetzt. Ließe sich der Grad von Leitungsvermögen von Körpern mit genügender Genauigkeit angeben, so würden sich dieselben auch in fortschreitender Ordnung hinstellen lassen; der jetzige Stand unserer Kenntniß gestattet jedoch nur eine Annäherung an eine solche Reihe. Da eine Tabelle dieser Art, so unvollkommen sie auch sein mag, bei allen ihren Unvollkommenheiten von großem Nutzen sein kann — eine Tabelle, worin die verschiedenen Körper in einer Reihe hingestellt sind — fügen wir folgende bei, indem wir mit denjenigen beginnen, welche das größte Leitungsvermögen, und mit denjenigen zu schließen, welche das geringste besitzen.

Die Ordnung, worin sie Isolirungsvermögen besitzen, ist natürlich die umgekehrte dieser Tabelle.

Verzeichniß der Körper in der Ordnung ihrer Leitungsvermögen.

Die vollkommenen oder am wenigsten oxydirbaren Metalle.
Die mehr oxydirbaren Metalle.
Kohle aus hartem Holz bereitet und gut gebrannt.
Reisblei.
Conzentrirte Mineralsäure.
Gepulverte Kohle.
Verdünnte Säure.
Auflösungen metallischer und neutraler Salze.
Metallerze.
Thierische Flüssigkeiten.
Reines Wasser.
Schnee.
Lebende Pflanzen.
Lebende Thiere.
Flamme.
Rauch.
Dampf.
Metallsalze.
Salze mit alkalinischen oder erdigen Basen.

Verdünnte Luft.
Dunst von Alkohol.
Dunst von Aether.
Erde und Steine im gewöhnlichen Zustand.
Schwefelblüthe.

Trockene Metalloxyde.
Oele.
Pflanzenasche.
Thierasche.
Trockene, durchsichtige Krystalle.
Eis unter 13° Fahrenheit.
Phosphor.
Kalk.
Trockene Kreide.
Kohlensaure Baryterde.
Lycopodium (Bärlapp).
Kautschuk oder Gummi Elasticum.
Kampher.
Kieselartige oder thonartige Steine im Verhältniß zu ihrer Härte.
Trockener Marmor.
Porzellan.
Getrocknetes Holz.
Trockene atmosphärische Luft und andere Gase.
Zucker.
Leder.
Trockenes Pergament.
Trockenes Papier.
Baumwolle.
Federn.
Haar, hauptsächlich das einer lebendigen Katze.
Wolle.
Gefärbte Seide.
Gebleichte Seide.
Rohe Seide.
Durchsichtige Edelsteine.
Diamant.
Talk.
Metallische Verglasung.
Glas und andere Verglasung.
Fett.
Wachs.
Schwefel.
Harze und bituminöse Stoffe.
Bernstein.
Gummilak.

Obgleich der genaue Punkt in dieser Stufenfolge, welcher die Trennung zwischen den leitenden und isolirenden Körpern bildet, natürlich sehr unbestimmt sein muß, so haben wir uns bemüht, dieselbe durch die Abtheilung der genannten Tafel anzugeben.

25. Aus den Versuchen von Coulomb ergibt sich, daß ein Faden von Gummilack der vollkommenste aller Isolatoren und zehnmal wirksamer wie ein Seidenfaden ist, so sehr derselbe auch getrocknet sein mag; der erste nämlich isolirte in der Länge von 1½ Zoll eben so gut wie ein Seidenfaden von 15 Zoll. Wurde der Seidefaden in feines Siegellack getaucht, so war er an Kraft einem Faden von reinem Lack von viermal seiner Länge gleich. Robison fand, daß das Leitungsvermögen eines Seidenfadens bedeutend von dessen Farbe abhängt, oder mit andern Worten von der Natur des Stoffes, womit er gefärbt wurde. War er von glänzendem Weiß oder Schwarz, so war sein Leitungsvermögen am größten; ein Goldgelb und Nußbraun

machte ihn zum besten Isolator. Glas im trockensten Zustand und in Lagen, wo es unmöglich war, daß Feuchtigkeit Zutritt erlangte, ist nach demselben Physiker ein beträchtlich besserer Isolator wie Seide; ward es in dünnen Fäden gezogen und mit Gummilack bedeckt, so wirkte es eben so gut, wie ein Lackfaden von $1/3$ seiner Länge. Man fand jedoch zugleich, daß die äußerste Feinheit erforderlich sei; es zerstreut nämlich im Verhältniß zum Quadrat seines Durchmessers. Das Isolirungsvermögen des Glases leidet in auffallender Weise dadurch, daß ein Bohrloch sich vorfindet, wie fein dasselbe auch sein mag, wenn dasselbe nicht vollkommen mit Lack überzogen ist. Menschenhaar, von Allem vollkommen befreit, was sich durch Wasser herauswaschen ließ, und alsdann durch Kalk getrocknet und mit Lack überzogen, war der Seide gleich. Holz von Kiefern, Cedern, Lärchen und Rosen in Fasern gespalten und zuerst durch Kalk getrocknet, nachher in einen Ofen, welcher Papier leicht braun machte, getrocknet, schien kaum dem Gummilack untergeordnet. Tannenholz und Mahagoniholz sind untergeordnet, Kiefernholz gebacken und mit geschmolzenem Lack überzogen, scheint deßhalb der beste Stoff zu sein, wo man starke Stütze braucht. Das Lack kann man durch einen kleinen Theil reinen Terpentins weniger spröde machen, nachdem man denselben durch weniges Kochen, ohne sein Leitungsvermögen empfindbar zu steigern, vom Wasser gereinigt hat. Lack oder Siegellack in Spiritus aufgelöst, ist für diesen Zweck weit schlechter wie dasjenige, welches durch Wärme geschmolzen ist.

26. Coulomb hat die Gesetze, welche die allmählige Zerstreuung der Elektrizität aus Körpern in einem Zustande unvollkommener Isolation bedingen, mit großer Fähigkeit erforscht. Drei Ursachen wirken hauptsächlich darauf hin, einem Körper seine Elektrizität unter diesen Umständen zu benehmen: 1. Die Unvollkommenheit der Isolirungseigenschaft in den festen Körpern, wodurch er gehalten wird. 2. Die Berührung mehrer aufeinanderfolgenden Lufttheile, wovon jedes Theilchen einen gewissen Grad von Elektrizität fortnimmt. 3. Die Ablagerung der Feuchtigkeit auf der Oberfläche des isolirenden Körpers, welche Verbindungen zwischen seinen entferntesten Enden herstellt und betrachtet werden kann, als steigere sie sein Leitungsvermögen.

27. In Bezug auf die erste Ursache, hat Coulomb vollständig bewiesen, bei allen feinen cylindrischen Fasern, wie Haar, Seide, Gummilackfäden u. s. w., wenn man die Natur des Stoffes, den Durchmesser der Faser und den zer-

streuenden Zustand der Luft als bleibend annimmt, sei die Länge der Faser, welche für die vollkommene Isolation einer gegebenen Stärke von Elektrizität erforderlich ist, so verschieden, wie das Quadrat dieser Stärke. Die Theorie führt also zu dem Schluß, daß stets eine gewisse Länge vorhanden ist, jenseits welcher ein Faden in Bezug auf einen dieser Körper ein vollkommener Isolator wird, wie groß auch immer die Stärke sein mag; und wir finden in der Praxis, daß wir einen zur Genüge genauen Grad der Isolirung erlangen können, indem wir die Stärke der Elektrizität vermindern oder die Länge der Substanz vermehren, welche dieselbe zu durchziehen hat. In Bezug auf die zweite Quelle der Zerstreuung erkannte man, daß die Zerstreuung in jedem Zeitaugenblick bei einem gegebenen Zustand der Atmosphäre, soweit sich derselbe durch Anzeigen des Barometers, Thermometers und Hygrometers bestimmen ließ, bestimmt mit der Stärke und Elektrizität wechselte.

28. Es findet sich noch ein wesentlicher Umstand in Bezug auf die Zerstreuung der Elektrizität, welcher vorläufig hier zu erwähnen ist, obgleich seine Erklärung verschoben werden muß, bis die Grundsätze, wovon er abhängt, entwickelt sind; dieser besteht darin, daß die Kraft eines Körpers in Behaltung der Elektrizität einen starken Einfluß durch dessen Form erleidet. Die günstigste Form für die Beibehaltung ist die der Kugel, die nächstgünstige die eines Sphäroides und eines Cylinders, der an beiden Enden sich mit einer Halbkugel endet. Andererseits entweicht die Elektrizität am leichtesten aus Körpern mit zugespitzter Gestalt, hauptsächlich wenn die Spitze auf eine Entfernung von der Oberfläche vorragt. In solchen Körpern ist es kaum möglich, einen erkennbaren Grad von Elektrizität anzusammeln, weil sie sich von der Spitze aus sehr leicht zerstreut. In derselben Weise empfangen auch zugespitzte Körper die Elektrizität bereitwilliger, wie die einer andern Form.

§. 3. Von den zwei Arten der Elektrizität.

29. Wir haben bis jetzt die elektrischen Erscheinungen, als aus einem einzelnen wirkenden Mittel, das man in Thätigkeit berufen hatte und als von einem Körper zum andern übertragen, betrachtet. Wir haben gesehen, daß Körper, welche ihre Elektrizität aus elektrisch erregtem Glase erhielten, einander abstoßen und ebenfalls vom elektrisch erregten Glase abgestoßen werden; dasselbe ereignet sich bei Körpern, welche ihre Elektrizität vom elektrisch erregten Siegellack erhielten. Untersuchen wir aber die Wirkung eines Körpers,

der zur einen Reihe gehört, auf einen zweiten, der zur andern Reihe gehört, so finden wir, daß sie einander anziehen, statt abzustoßen. So zieht die Kugel, welche ihre Elektrizität vom Glase erhalten hat, diejenige Kugel an, welche durch Siegellack elektrisch gemacht worden ist und wird davon angezogen; noch auffallender aber ist der Umstand, daß die Kugeln im Augenblick, wo sie sich berührt haben, vorausgesetzt, daß sie beide in demselben Grade elektrisirt worden sind, plötzlich aufhören, Zeichen der Elektrizität zu erweisen, als ob die Elektrizitäten beider durch ihre gegenseitige Mittheilung plötzlich zernichtet seien. So erhellt, daß es zwei verschiedene und in gewisser Hinsicht entgegengesetzte Elektrizitäten gibt; nämlich die eine, die man von Glas und die andere, die man von Siegellack erhält. Du Fay, welcher zuerst diesen Unterschied erkannte, benannte die erstere Glaselektrizität und die letztere Harzelektrizität.

30. Die Art der Wirksamkeit, welche diese zwei Elektrizitäten auf die Materie äußern, läßt sich in folgendem Gesetze zusammenfassen: „Körper mit einer Art Elektrizität geladen, stoßen Körper ab, die mit derselben Art Elektrizität geladen sind, ziehen aber Körper an, die mit der andern Art geladen sind; in gleichen Entfernungen ist die Anziehungskraft des einen Falls der Abstoßungskraft des andern gleich."

Wollen wir wissen, von welcher Art die Elektrizität ist, womit ein Körper geladen wurde, so müssen wir somit eine kleine isolirte Markkugel, welche vorher entweder von elektrisch erregtem Glas oder Siegellack berührt war, demselben nähern. Stößt der Körper im ersten Falle dieselbe ab, oder zieht sie im letzteren Falle an, so ist die Elektrizität Glaselektrizität; geschieht das Gegentheil, so ist es Harzelektrizität.

31. Obgleich jede dieser zwei Elektrizitäten genau in einer ähnlichen Weise wie die andere wirkt, so zeigen sie doch in allen Beziehungen zu einader einen bestimmten Gegensatz ihrer Natur; deßhalb betrachtet man sie natürlich als wirkende Kräfte mit entgegengesetzten Eigenschaften, welche sich durch vollkommene Vereinigung neutralisiren.

32. Ein anderer bemerkenswerther Umstand, welcher für diese wirkenden Kräfte charakteristisch ist, besteht darin, daß die Erregung einer Art Elektrizität stets von Erregung der andern begleitet ist und daß beide in gleichen Graden erzeugt werden. Ist Glas durch Seide oder Flanell gerieben worden, so wird eben so viel Harzelektrizität in der Seide oder Flanell erzeugt, wie Glaselektrizität im Glase; alle elektrisirten Körper, die der eine abstößt, werden von dem andern in demsel-

ben Grade angezogen. Ist einer der Stoffe zufällig ein Leiter und wird er in der Hand gehalten, so verschwindet die ganze von der Reibung hervorgerufene Elektrizität, sobald sie erzeugt ist, indem sie durch den Körper der den Leiter haltenden Person entweicht und geht in der Erde verloren. Wird aber der reibende Körper isolirt, so wird seine Elektrizität offenbar und ist immer derjenigen Art entgegengesetzt, die in dem geriebenen Körper erregt wurde.

33. Da die beiden geriebenen Oberflächen entgegengesetzte Elektrizitäten erlangen, so ergibt sich daraus als eine Folge des angegebenen Gesetzes, daß sie einander anziehen müssen; auch ist dies unwandelbar der Fall. Legt man ein weißes und schwarzes Band von 2—3' Länge und vollkommen trocken auf einander mit der flachen Oberfläche, und werden beide alsdann zu wiederholtenmalen zwischen Finger und Daumen gezogen, so daß sie sich gegen einander reiben, so werden sie an einander haften; wenn man sie an einem Ende auseinanderzieht, werden sie mit großer Geschwindigkeit wieder zusammenfahren. Vereinigt äußern sie kein Zeichen von Elektrizität, weil die Wirkung des einen das Gegentheil vom andern ist, weil ihre Kraft sich ausgleicht oder neutralisirt und dadurch unwirksam wird. Nach vollkommener Trennung jedoch wird jedes eine starke elektrische Kraft erweisen, indem das eine Körper anzieht, welches das andere abstößt.

34. Die Handlung der Trennung ist von Erscheinungen begleitet, welche anzeigen, daß beträchtliche Theile der auf einer jeden Oberfläche erregten Elektrizität zur entgegengesetzten Oberfläche fliehen und durch ihre Vereinigung gleichsam erlöschen oder wirkungslos werden; nur die zurückbleibende Masse ist fest an die Oberflächen geheftet, welche ihre Thätigkeit zurückhalten. Wird der Versuch im Dunkeln gemacht, so werden diese plötzlichen Austauschungen der Elektrizität von Lichtblitzen begleitet, welche zwischen den zwei Oberflächen dahinfahren und mit einem rauschenden Geräusch begleitet sind.

35. Zahllose Versuche sind mit der Absicht gemacht worden, die Zustände als bestimmt herauszustellen, welche die in den besondern Körpern erregte Elektrizität bestimmen, deren Oberflächen man gegen einander gerieben hat. Diese Versuche aber haben zu keinem genügenden Schluß geführt. Die mechanische Bildung der Oberflächen scheint einen größeren Einfluß auf das Ergebniß zu haben, wie die besondere Natur des Stoffes selbst. Wird eine Glasplatte mit glatter Oberfläche gegen eine andere rauh gemachte gerieben, so erlangt die erstere immer Glaselektrizität, die letztere Harz-

elektrizität; man ist der Erklärung dieser Eigenthümlichkeit durchaus nicht nahe gekommen.

Glattes Glas erlangt Glaselektrizität durch Reibung von beinahe jedem Stoff, mit Ausnahme des Rückens einer Katze, welcher ihm die Harzelektrizität ertheilt; rauhes Glas mit denselben Stoffen gerieben, wird mit Harzelektrizität geladen, während die reibenden Körper Glaselektrizität erlangen. Siegellack mit einer eisernen Kette gerieben, erlangt polirt die Harzelektrizität. Wird aber die Oberfläche vorher rauh gekratzt, so erlangt es die Glaselektrizität. Seide mit Harz gerieben, empfängt die Glaselektrizität; mit polirtem Glas gerieben, empfängt es die Harzelektrizität. Folgendes ist eine Liste der verschiedenen Stoffe, welche Glaselektrizität erhalten, wenn sie mit einem derjenigen Körper gerieben werden, die in der Ordung folgen, wie sie hier verzeichnet sind und welche Harzelektrizität erhalten, wenn man sie mit irgend einem der vorhergehenden reibt:

Der Rücken einer Katze,
Polirtes Glas,
Wollentuch,
Federn,
Holz,
Papier,
Seide,
Gummilack,
Rauhgemachtes Glas.

In dem oben erwähnten Versuch, worin ein schwarzes und weißes Band zusammengerieben wurde, hatte das erstere Harzelektrizität und das letztere Glaselektrizität erlangt. Werden aber zwei Stücke desselben Bandes in derselben Länge gerieben, wobei man das eine der Länge nach und in rechten Winkeln über einen Theil des andern zieht, so bekömmt das eine, welches die Reibung in seiner ganzen Länge erlitt, Glaselektrizität, und das andere Harzelektrizität. Wenn man die ganze Länge eines Violinbogens über einen begrenzten Theil der Saite zieht, so erhalten die Haare des Bogens in derselben Weise eine Glaselektrizität, indem der Körper, dessen erregter Theil die geringste Oberfläche bietet, meist die Harzelektrizität erhält. In Wahrheit aber wird der geringste Unterschied in den Zuständen bei diesen und ähnlichen Versuchen in Bezug auf die aus Reibung entstehende Elektrizität oft genügend sein, um entgegengesetzte Resultate hervorzubringen.

36. Elektrische Erregung läßt sich auch durch Reibung flüssiger Körper oder Gase gegen feste Körper hervorrufen. Dies ist der Fall, läßt man Quecksilber in feinem Regen unter den erschöpften Recipienten einer Luftpumpe gegen das Glas fallen. Wird ein Strom atmosphärischer Luft gegen eine

Glasscheibe durch einen Blasebalg gerichtet, so erhält das Glas Glaselektrizität.

§. 4. Induktion.

37. Ferner ist noch eine andere Klasse elektrischer Erscheinungen hier zu erwähnen. Ist ein Körper mit Elektrizität geladen, so geht sein Streben, obgleich er vollkommen isolirt und das Entweichen der Elektrizität verhindert ist, dennoch auf Erzeugung einer entgegengesetzten Elektrizität bei allen ihn umgebenden Körpern. So geht das Streben einer Glaselektrizität dahin, die Harzelektrizität in einem naheliegenden Körper zu erzeugen, und dasselbe zeigt sich als um so stärker, je geringer die Entfernung ist. Dieser Umstand heißt Induktion (Einführung) der Elektrizität, und läßt sich unter die allgemeinen Thatsachen oder unter die Gesetze der Wissenschaft einreihen. Die weitere Entwicklung der Folgen, zu welchen dieselbe leitet, muß für jetzt außer Augen gelassen werden, da deren Verständniß in der Folge klarer werden wird. Eines ihrer Resultate aber ist hier hervorzuheben, da es sich unmittelbar auf die Erscheinungen bezieht, die wir bereits behandelt haben.

38. Wird ein elektrisirter Körper, mit irgend einer Art Elektrizität geladen, einem nichtelektrisirten oder neutralen genähert, so geht sein Streben dahin, den elektrischen Zustand der verschiedenen Theile des neutralen Körpers zu stören. Der elektrisirte Körper führt einen Zustand der Elektrizität, welcher dem seinigen entgegengesetzt ist, in demjenigen Theile des neutralen Körpers, der ihm am nächsten liegt, und folglich auch einen Zustand der Elektrizität, der dem seinigen gleich ist, in dessen entferntesten Theile ein. Dadurch wird die Neutralität des zweiten Körpers durch die Wirkung des ersten zerstört, und die anstoßenden Theile der zwei Körper, welche jetzt entgegengesetzte Elektrizitäten haben, werden einander anziehen. Dadurch erhellt, daß die Anziehung, welche zwischen elektrisirten Körpern und nichtelektrisirten beobachtet wird, in einer bloßen Folge des veränderten Zustandes dieser Körper besteht, welche sich aus dem Gesetze der Induktion ergibt, und daß sie an sich durchaus nicht ein ursprüngliches Gesetz, oder eine allen andern zum Grunde liegende Thatsache der Wissenschaft bildet.

39. Die Wirkungen der Induktion stehen im Verhältniß zur Leichtigkeit, womit Veränderungen in der Vertheilung der Elektrizität unter verschiedenen Theilen eines Körpers bewirkt werden können — eine Leichtigkeit, welche dem Leitungsvermögen des Körpers entspricht. Deßhalb wird die

Anziehung, welche der elektrisch erregte Körper auf einen andern vorher neutralen Körper äußert, weit kräftiger sein, wenn der letztere ein Leiter, als wenn er ein elektrischer Körper ist, woran diese Veränderungen nur in sehr geringer Ausdehnung stattfinden können. Dies wird durch folgenden Versuch bestätigt. Man hänge zwei kleine Kugeln von gleichem Umfang an feine Seidenfäden von gleicher Länge auf; die Kugeln seien von Gummilack beide verfertigt, die Oberfläche der einen aber mit Goldschaum überzogen. Man hänge diese beiden Pendel in geringer Entfernung von einander auf, so daß man ihre Bewegungen vergleichen kann; alsdann bringe man sie in Nähe eines elektrisch erregten Körpers, entweder einer Glasröhre oder eines Cylinders aus Siegellack. Man wird sogleich erkennen, daß die Kugel mit der metallischen Bedeckung, welche die Uebertragung der Elektrizität von einer Seite zur andern leicht gestattet, weit bereitwilliger und kräftiger die Anziehung äußert, wie die andere Kugel, welche keine Bewegung in ihrer Elektrizität gestattet. Letztere wird jedoch langsam die elektrischen Zustände derselben Art, wie die vergoldete Kugel annehmen und schwach angezogen werden. Da diese Veränderung sehr langsam vor sich geht, so wird sie, einmal hervorgebracht, um so bleibender sein; die bloße Kugel bleibt an dem elektrisch erregten Körper länger hängen, welcher sie angezogen hat. Die vergoldete Kugel dagegen wird um so schneller abgestoßen, indem sie die Ladung Elektrizität bereitwilliger erhält, die ihr von dem elektrisch erregten Körper mitgetheilt wurde. Ein Grad bleibender Elektrizität wird jedoch ebenfalls in diese Kugel eingeführt, in Folge der allmähligen Eindringung in die Substanz des Gummilack.

Zweites Kapitel.

Theorie der Elektrizität.

40. Man kann unmöglich zur vollkommenen Auffassung der mannigfachen Thatsachen, welche jede physische Wissenschaft darbietet, ohne die Hülfe einiger leitenden Grundsätze oder Arten, dieselben zu betrachten, gelangen, wodurch deren Verbindungen sich in solcher Weise der Seele darbieten, daß man alle in ein verständliches System zusammenhängend einreihen kann. Wir beginnen damit, daß wir die verschiedenen wirkenden Naturkräfte in Klassen aufstellen, indem wir ihnen besondere Namen ertheilen; wir bemühen uns alsdann,

diese wirkenden Kräfte uns so zu denken, als äußerten sie gewisse Vermögen oder Eigenschaften, welche zur Erzeugung der beobachteten Wirkungen erforderlich sind. Beim Lichte z. B. können wir uns denken, daß die Erscheinungen aus der Wirkung materieller Theilchen entstehen, die in allen Richtungen von dem Lichtkörper ausgehen, und gewissen Gesetzen in ihrem Laufe gehorchen; oder wir können eine andere Vermuthung annehmen, daß sie sich aus den Wellenbewegungen eines elastischen, den Raum durchdringenden Mittels ergeben. Bei der Annahme der einen oder der anderen dieser Vermuthungen, erwerben wir uns große Leichtigkeit, um den Verbindungen optischer Erscheinungen zu folgen, und die Vorstellungen über dieselben unserer Seele einzuprägen. Dieser Vortheil hängt nicht unmittelbar von der Wahrheit der besonderen Vermuthung ab, die wir zu dem Zweck annehmen; in dem angegebenen Fall können beide nicht wahr sein, beide aber entsprechen demselben Zwecke. Natürlich aber wird die Nützlichkeit einer Vermuthung im Verhältniß zu dem Grade der Genauigkeit stehen, worin sie sich mit den Erscheinungen in Uebereinstimmung befindet. Aus der Annahme aber kann sich nichts Schädliches ergeben, so lange wir beachten, daß unsere Schlüsse nur auf einer Vermuthung beruhen, und daß wir dieselbe sogleich aufgeben müssen, wie wir Thatsachen antreffen, mit denen sie nicht entschieden in Uebereinstimmung stehen.

41. Die Vermuthung, welche als die natürlichste für die Erklärung elektrischer Erscheinungen sich ergibt, besteht darin, daß die Elektrizität, als eine sehr feine und stark elastische Flüssigkeit die Erde und alle andern materiellen Korper durchdringt, an sich aber keine erkennbare Schwere hat. Wir müssen voraussetzen, diese Flüssigkeit vermöge sich mit verschiedenen Graden der Leichtigkeit durch die Poren oder die wirkliche Substanz der verschiedenen Arten der Materie zu bewegen. In einigen, z. B. in denen, die wir Leiter oder nichtelektrische Körper nennen, z. B. Metallen, bewegt sie sich ohne erkennbares Hinderniß; im Glase, Harz und im Allgemeinen in allen Körpern, die man elektrische oder Nichtleiter nennt, bewegt sie sich mit großer Schwierigkeit. Da ferner die Erscheinungen das Dasein zweier abgesonderter Arten von wirkenden Kräften aufzuweisen scheinen, sind wir zur Annahme berechtigt, daß es zwei verschiedene Arten elektrischer Flüssigkeit gibt, welche wir für jetzt Glas- und Harzelektrizität nennen wollen. Diese müssen getrennt dieselben allgemeinen Eigenschaften besitzen, welche wir schon erwähnt haben; in Bezug auf einander müssen aber ihre

Naturen vollkommen entgegen gesetzt sein, so daß ihre Wirkungen auf die Körper in der Nähe, oder auf die in diesen Körpern enthaltenen Theilchen elektrischer Flüssigkeit nach der Vereinigung beider sich vollkommen das Gleichgewicht halten, und daß die sichtbare Wirkung aufhört. In diesem Zustande der Vereinigung, worin sie einander vollkommen ausgleichen oder neutralisiren, sind sie in Körpern vorhanden, von denen man sagen kann, daß sie sich in Bezug auf Elektrizität in ihrem natürlichen Zustande befinden.

42. So also läßt sich die Aufgabe lösen, wornach man eine wirksame Kraft aufstellen muß, die in vieler anderer Hinsicht wirksamen Kräften entspricht; man muß ihr ferner solche Eigenschaften zuschreiben, welche in ihren Resultaten allen beobachteten Erscheinungen entsprechen. Um die Lösung der Aufgabe in letzterer Hinsicht zu erproben, muß man alle Schlüsse verfolgen, die aus der gemachten Voraussetzung hervorgehen, und muß sie genau mit den Thatsachen vergleichen, welche die Natur uns darbietet und welche aus Erfahrung hervorgehen. Diese Thatsachen sind, wie man sich erinnern wird, auf Erregung, Anziehung, Abstoßung, Vertheilung, Induktion und Uebertragung begründet.

43. Erregung. Aus verschiedenen Ursachen, wovon die Reibung der Oberfläche eine bildet, wird der Zustand der Vereinigung, worin die beiden Elektrizitäten in Körpern natürlich vorhanden sind, gestört; ihre verborgenen (gebundenen) Vermögen werden durch die Trennung hervorgerufen; die Glaselektrizität wird nach einer Richtung angetrieben, während die Harzelektrizität auf die andere Seite übertragen wird; eine jede kann jetzt sich in ihren eigenthümlichen Eigenschaften äußern. Jede Flüssigkeit, in irgend einem Körper, oder dem Theil eines Körpers aufgehäuft, wirkt im Verhältniß ihrer Masse, d. h. der Masse, welche diejenige übersteigt, die im Zustande der Unthätigkeit durch ihre Vereinigung mit der Elektrizität der entgegengesetzten Art bewahrt wird. Reibt man Glas mit einem metallischen Amalgama, so wird nur ein Theil der Elektrizitäten der zwei Oberflächen zersetzt; die Glaselektrizität die aus dieser Zersetzung entsteht, heftet sich an das Glas, die Harzelektrizität an das Amalgama. Was auf jeder Oberfläche unzersetzt übrig bleibt, findet sich im Zustande der Trägheit und hat keinen anderen Einfluß auf die Erscheinungen, als daß es bei Fortsetzung der zersetzenden Wirkung bereit ist, einen frischen Vorrath beider Flüssigkeiten den beiden Körpern mitzutheilen.

44. Zertheilung. Da jede dieser Flüssigkeiten im höchsten Grade elastisch ist, so stoßen ihre Theilchen einander

mit einer Kraft ab, welche sich im Verhältniß vermehrt, wie ihre Entfernung geringer wird; diese Kraft wirkt in allen Entfernungen und findet kein Hinderniß an zwischenliegenden Körpern, vorausgesetzt, daß diese selbst sich nicht im thätigen elektrischen Zustande befinden. Aus der sorgfältigsten Analyse der Erscheinungen hat man geschlossen, daß das Gesetz der Kraft dasselbe ist, wie das der Schwere, nämlich: daß die Stärke im umgekehrten Verhältniß zum Quadrat der Entfernung steht.

Die Art, worin die Elektrizität, einem leitenden Körper oder einem System von Leitern mitgetheilt, sich unter den verschiedenen Theilen verbreitet, stimmt mit den Ergebnissen des Gesetzes genau überein, wie dieselben durch mathematische Nachforschungen dargelegt sind. Wir behalten uns jedoch die Untersuchung für ein zukünftiges Kapitel vor.

Während alle Theilchen jeder Flüssigkeit die derselben Art abstoßen, äußern sie eine gleich starke Anziehung auf die Theilchen der andern Art elektrischer Flüssigkeit. Diese Anziehung steigert sich gleicherweise mit Verminderung der Entfernung und folgt demselben Gesetz hinsichtlich ihrer Stärke, nämlich im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung. Diese Kraft erleidet auch nichts durch die Gegenwart eines zwischenliegenden Körpers.

45. Uebertragung. Da die beiden Elektrizitäten diese starke Anziehung auf einander äußern, würden sie stets aufeinander zufliegen und zusammenhängen, fände sich nicht ein Hinderniß für diese ihre Bewegung in den nicht leitenden Eigenschaften elektrischer Körper. Sind diese Hindernisse überwunden und ist ein freier Kanal für den Durchgang der Elektrizitäten eröffnet, so stürzen sie mit großer Kraft und Geschwindigkeit zu ihre Vereinigung hin, wobei sie im Uebergang und Zusammenfluß mehre auffallende Wirkungen zeigen. Nach ihrer Vereinigung scheint ihre Kraft plötzlich vernichtet oder bleibt vielmehr schlafend, bis sie durch erneute Trennung der Flüssigkeiten wieder zur Thätigkeit berufen wird.

46. Anziehung und Abstoßung. Die Abstoßung, welche bei Körpern beobachtet wird, die isolirt und mit irgend einer Art Elektrizität geladen sind, und die sich gegen andere eben so geladene Körper äußert, beruht auf der Abstoßungskraft, welche die Theilchen dieser Flüssigkeit gegen die ihrer eigenen Art üben. Denken wir uns einen mit Elektrizität geladenen Körper in der Luft hängend, oder sonst von einem nichtleitenden Mittel umgeben, welches seine freie Bewegung gestattet. So lange dieser Körper allein bleibt, wird der Druck nach außen, den die elektrische Flüssigkeit gegen das

umschließende isolirende Mittel äußert, nach den Gesetzen der Hydrostatik auf alle Seiten gleich sein; der Körper, durch gleichen und entgegengesetzten Druck so im Gleichgewicht gehalten, wird keine Neigung zur Bewegung besitzen. Wenn aber ein anderer Körper unter ähnlichen Umständen genähert wird, so wird die abstoßende Wirkung zwischen den beiden gleichen Elektrizitäten in diesen Körpern fortgesetzt, den Druck nach außen jeder Flüssigkeit gegen die Seiten der Körper (b. c. Fig. 8.) vermindern, die nah aneinander liegen, und wird zugleich den Druck nach außen auf die entgegengesetzten oder entfernteren Seiten a d steigern. Beide

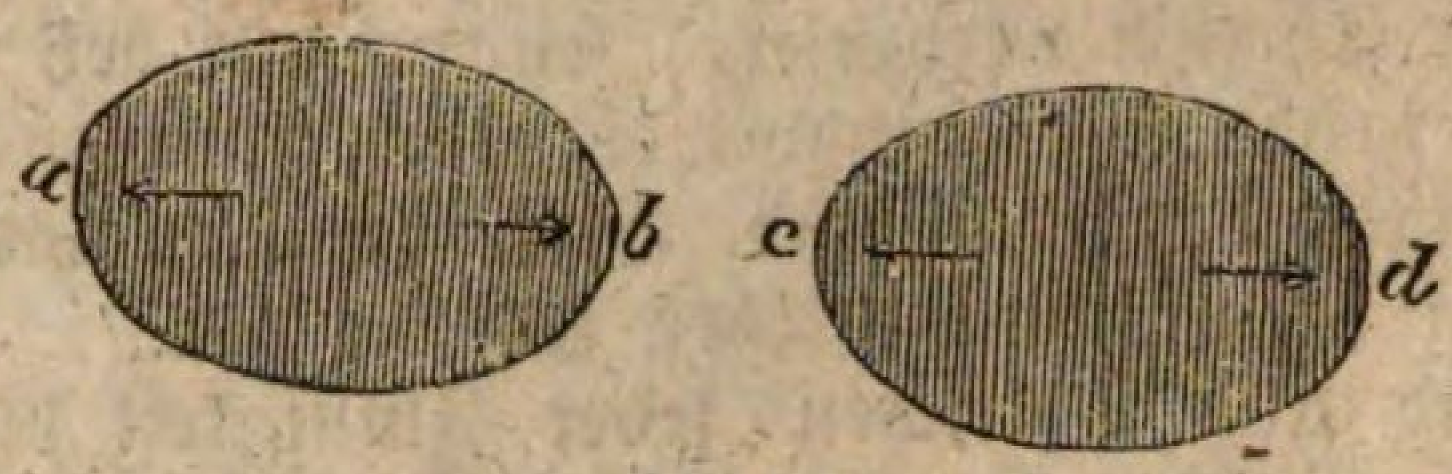


Fig. 8.

Ursachen werden auf Zerstörung des Gleichgewichtes hinwirken; jeder Körper wird in der Richtung der vorherrschenden Kraft angetrieben, d. h. in einer Richtung von dem anderen Körper weg, und eine Wirkung, die man Abstoßung nennen kann, findet statt. Dieselbe Erklärung läßt sich auf beide Arten der Elektrizität anwenden, indem ihre Eigenschaften genau gleich sind.

Wird andererseits ein mit Glaselektrizität geladener Körper einem anderen dargeboten, der mit Harzelektrizität geladen ist, so vermindert die Anziehung dieser zwei Flüssigkeiten den Druck nach außen an den entfernten Seiten der Körper und vermehrt ihn auf die nahen Seiten; deßhalb werden die Körper auf einander hingetrieben und es entsteht eine Bewegung, welche die Anziehung anzeigt. So stellt die Bewegung der Körper in allen Fällen die Kräfte selbst dar, welche auf die Theile der entwickelten Elektrizitäten, die sie enthalten, einwirken.

47. Induktion. Das Gesetz der Induktion ist eine unmittelbare Folge der Vermuthung, welche wir betrachtet haben. Sobald sich eine Elektrizität im thätigen Zustande findet, muß sie die Theilchen derselben Elektrizität in allen umgebenden Körpern abstoßen, und diejenigen der entgegengesetzten Art anziehen, oder mit andern Worten: sie wirkt dahin, deren vereinigte Elektrizitäten zu zersetzen, indem sie die Elektrizität der entgegengesetzten Art nach der nächsten Seite anzieht und die derselben Art nach der entfernten Seite antreibt. Der Körper, welcher diese Einwirkung erlei-

det, ist nicht länger neutral, obgleich er im Ganzen die natürlichen Eigenschaften beider Elektrizitäten beibehält; in Folge der theilweisen Zertheilung aber äußern sich elektrische Erscheinungen in den verschiedenen Theilen. Die weitere Darlegung dieses Gegenstandes muß auf ein späteres Kapitel verschoben werden, da es hier nur unser Zweck ist, das Zusammentreffen der zum Grunde liegenden Thatsachen mit der aufgestellten Theorie im Allgemeinen anzudeuten.

48. Bis dahin haben wir die Vermuthung durchgeführt, daß es zwei besondere elektrische Flüssigkeiten gibt, welche gewisse Eigenschaften gemeinschaftlich besitzen, wovon aber eine jede gewisse Veränderungen dieser Eigenschaften darbietet. Man kann jedoch alle diese Erscheinungen mit derselben Genauigkeit durch die Annahme erklären, daß sie aus der Wirksamkeit einer einzigen elektrischen Flüssigkeit hervorgehen. Diese Vereinfachung der Theorie läßt sich als die Entdeckung des unsterblichen Franklin betrachten, obgleich sie zur selben Zeit von Watson aufgestellt wurde; Franklin nämlich verwies zuerst auf die Weise, worin sie sich auf die Erklärung einiger der auffallendsten Thatsachen anwenden ließ. Mehre einzelne Punkte dieser Theorie, wie er sie zuerst aufstellte, waren allerdings mangelhaft und standen bei genauer Untersuchung im Widerstreit mit bestimmten Thatsachen. Aepinus und Cavendish haben diese Irrthümer berichtigt und die Theorie Franklins, so verbessert, wird immer eine der schönsten Darlegungen bilden, welche jemals in der Naturkunde aufgestellt worden sind, obgleich der zukünftige Fortschritt der Entdeckung einige Veränderung veranlassen mag. Von dieser Vermuthung geben wir jetzt eine kurze Darstellung und weisen auf die Art hin, worin er diese Erscheinungen erklärt.

49. Wir beginnen mit der Annahme, daß eine feine Flüssigkeit in allen Körpern vorhanden ist, welche wir die e l e k t r i s c h e F l ü s s i g k e i t n e n n e n, daß ihre Theilchen einander mit einer Kraft abstoßen, die im umgekehrten Verhältniß zum Quadrat der Entfernung wechselt, daß sie die Theilchen aller anderen Stoffe oder eines besonderen Bestandtheils in dieser Weise mit einer Kraft anziehen, welche dasselbe Gesetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung befolgt; ferner, daß diese Flüssigkeit sich durch die Poren der Körper verbreitet, und sich wegen einer unbekannten Eigenschaft mit verschiedenen Graden von Leichtigkeit hindurch bewegen kann, je nachdem die Körper Leiter oder Nichtleiter sind. Man kann sagen, daß die Körper sich hinsichtlich der Elektrizität im natürlichen Zustande befinden, wenn die Ab-

stoßung der Flüssigkeit, welche sie enthalten, auf ein Theilchen Flüssigkeit in einer Entfernung geäußert, durch die Anziehung der Materie in dem Körper auf dasselbe Theilchen hin, im Gleichgewicht gehalten wird. In diesem Zustande lassen sie sich als gesättigt von elektrischer Flüssigkeit betrachten. Enthalten sie eine Masse Flüssigkeit größer wie diese, so kann man sagen, sie seien positiv elektrisch, oder haben positive Elektrizität. Enthalten sie dagegen eine geringere Masse, wie zur Sättigung erheischt wird, so kann man sagen, der Körper sei negativ elektrisch, oder habe negative Elektrizität. Im ersten Fall ist die Flüssigkeit im Uebermaß vorhanden, im letzteren ist die ungesättigte Materie überwiegend. Der Zustand der positiven Elektrizität besteht also in einem Ueberfluß der Flüssigkeit, oder in Uebersättigung der Materie, der der negativen Elektrizität in einem Mangel der Flüssigkeit oder in Nichtsättigung der Materie, oder, was dasselbe bedeutet, im Ueberwiegen der Materie gegen die Elektrizität. Nach mathematischen Ausdrücken bezeichnet man die erstere durch plus und die letztere durch minus. Betrachtet man die gegenseitigen elektrischen Wirkungen der Körper, so sind die Theile, worin Materie und Flüssigkeit sich gegenseitig sättigen, nicht in Acht zu nehmen, da ihre Wirkungen, wie wir gesehen haben, sich vollkommen neutralisiren; wir brauchen bloß die Theile der überflüssigen Flüssigkeit und überflüssigen Materien in Acht zu nehmen.

50. Wenn ein Körper mehr wie sein natürliches Verhältniß elektrischer Flüssigkeit enthält, so wird der Ueberschuß durch die Neigung seiner Theilchen zur Abstoßung überfließen und entweichen, wenn eine solche Entweichung gestattet ist, bis der Körper wieder in seinen neutralen Zustand geräth. Bei Nichtsättigung wird die überwiegende Materie Flüssigkeit von allen Seiten her anziehen, von denen sie dieselbe empfangen kann, bis sie wieder in neutralen Zustand gelangt. Dieser Ausfluß oder Einfluß wird entweder verhindert, wenn der Körper von allen Seiten mit Stoffen umgeben ist, durch deren Poren die Flüssigkeit nicht hindurch kann, oder wenn der Körper selbst von dieser Natur ist.

51. Die gegenseitige Zurückweichung zweier gegenseitig positiv elektrischer Körper ist eine unmittelbare Folge der Abstoßung der überwiegenden, in einem jeden enthaltene Elektrizität, welche durch ihre Anziehung an die Materie geheftet, dieselbe in der Richtung ihrer eigenen Zurückstoßung forttreiben. In derselben Weise ist die gegenseitige Annäherung zweier Körper in entgegengesetzten elektrischen Zuständen die un=

mittelbare Wirkung die Anziehung der überwiegenden Flüssigkeit in dem einen in Bezug auf die überwiegende Materie in dem andern, und umgekehrt, denn diese Anziehung ist gegenseitig.

52. Allerdings ergibt sich eine Schwierigkeit, versuchen wir die Theorie auf den Fall zweier Körper anzuwenden, die sich beide im Zustande negativer Elektrizität befinden, d. h. worin sich bei beiden ein gewisser, mit elektrischen Stoffen nichtgesättigter Betrag von Materie vorfindet. Auf welche Wirkung weist die Theorie, wie sie in diesem Falle bisher angegeben wurde, hin? Sicherlich auf keine. Alle Theile der Materie jedes Körpers, welche noch gesättigt sind, können zugleich mit der sättigenden Flüssigkeit keine Anziehung oder Abstoßung äußern. Das einzige wirksame Element ist die ungesättigte Materie. Die Vermuthung aber weist keine Wirkung dieser Materie auf eine andere entfernt liegende Materie zu. Und dennoch wissen wir aus Erfahrung, daß Körper unter solchen Umständen sich wirklich einander abstoßen. Um die Vermuthung der Thatsache anzubequemen, müssen wir zu ihr eine andere Bedingung hinzufügen, nämlich daß die Theilchen der einfachen Materie, d. h. einer mit der elektrischen Flüssigkeit nicht verbundenen Materie eine abstoßende Kraft auf einander üben. Es ist auffallend, daß ein so scharfblickender Geist, wie Franklin, diesen Mangel seiner Theorie nicht bemerkte, oder nicht einsah, diese weitere Bedingung sei für die Erklärung der Erscheinungen durchaus nothwendig. Ohne sie können wir den Mangel an Wirkung zwischen zwei neutralen Körpern nicht begreifen, denn da die Abstoßung der Flüssigkeiten in beiden Körpern durch die Anziehung der Flüssigkeit in dem einen auf die Materie in dem andern hin im Gleichgewicht gehalten wird, so würde die übrig bleibende Anziehung der Flüssigkeit im zweiten Körper auf die Materie im ersten hin durch eine Abstoßung nicht ausgeglichen werden, und die Kräfte könnten nicht im Gleichgewicht bleiben, wie es doch der Fall ist.

53. Das Gesetz elektrischer Induktion läßt sich unmittelbar aus der Theorie Franklins folgern. Wenn ein mit Elektrizität geladener Körper einem neutralen Körper genähert wird, so äußert die überwiegende Flüssigkeit des ersteren eine abstoßende Wirkung auf den letzteren, und ist derselbe ein Leiter, so treibt er einen gewissen Theil dieser Flüssigkeit an das entfernte Ende dieses Körpers, welches positiv elektrisirt wird, während das nähere Ende, welches diese Flüssigkeit verließ, folglich in den Zustand negativer Elektrizität geräth. Ist der erste Körper negativ elektrisirt,

so würde sein ungesättigter Stoff Anziehungskraft auf die Flüssigkeit des zweiten Körpers üben, denselben näher heranziehen, und eine Anhäufung oder einen Ueberfluß der Flüssigkeit an dem anstoßenden Ende und einen entsprechenden Mangel an dem entfernteren Ende erzeugen, d. h. die erstere würde positiv und die letztere negativ werden. Alles dies stimmt mit der Beobachtung genau überein.

54. Die Erscheinung der Uebertragung läßt sich durch diese Vermuthung leicht erklären; sie entsteht aus der Zerstörung des Gleichgewichts der Kräfte, welche die Flüssigkeit auf eine gewisse Lage oder auf eine gewisse Vertheilungsweise beschränkte.

55. Es findet sich überhaupt keine Thatsache, welche sich durch die Vermuthung einer doppelten Flüssigkeit erklären ließe, und die nicht zugleich mit gleicher Leichtigkeit ihre Erklärung in einer einzelnen Flüssigkeit mit der schon angegebenen Bedingung fände. Die Erklärung durch die erste läßt sich leicht in einer Erklärung durch die zweite verwandeln, wenn man die Ausdrücke positiv und negativ an die Stelle von Glas- und Harzelektrizität setzt, und wenn man die Wirkung der letzteren als aus dem Einfluß der überwiegenden oder ungesättigten Materie betrachtet, welche nach der Vermuthung Franklins eine ähnliche Wirkung äußert, wie der Harzelektrizität in der Vermuthung du Fay's zugeschrieben wird. Die Vermuthung von einer einzelnen Flüssigkeit hat allerdings den Vortheil einer größeren Einfachheit; andererseits aber kann man dagegen einwenden, sie enthalte eine Eigenschaft, welche mit unseren Begriffen von den ursprünglichen Gesetzen der Materie und besonders der Schwere in Widerstreit steht, nämlich mit derjenigen, welche die gegenseitige Abstoßung der Theilchen, wenn sie von Elektrizität leer sind, begreift.

Betrachten wir die Ansichten als bloße Vermuthungen, welche darauf berechnet sind, unsere Auffassung der Erscheinungen und deren Verbindungen zu erleichtern, so ist es gleichgültig, welche von beiden wir annehmen, denn beide entsprechen dem Zwecke. In späteren Darlegungen werden wir im Allgemeinen die Ausdrücke der Franklin'schen annehmen, weil sie die einfachsten und meist auch die passendsten sind, und weil eine Umwandlung der Ausdrücke uns stets befähigen wird, die Erklärung derselben Erscheinung nach der Theorie du Fay's darzubieten. Was die Frage betrifft, welche von diesen beiden Vermuthungen sich dem wirklichen Zustand der Dinge am nächsten nähert, sind wir jetzt noch nicht darauf vorbereitet, die Gründe abzuwägen,

wägen, welche uns zur Entscheidung führen würden, und wir müssen deßhalb abwarten, bis wir den Gegenstand in der Folge wieder aufnehmen können.

Die weitere Entwicklung dieser Theorirn und des Gesetzes der Induktion insbesondere, muß gegenwärtig verschoben werden, da vorher die Kenntniß sehr vieler Einzelnheiten über die Anhäufung von Elektrizität und ihrer Anwendung auf verschiedene Zwecke der Untersuchung durch Versuche erforderlich ist.

Drittes Kapitel.

Elektrisirmaschinen.

56. Die wesentlichen Theile eines Instrumentes zur Erzeugung großer Vorräthe von Elektrizität für den Zweck von Versuchen oder einer Elektrisirmaschine, wie man sie nennt, sind der elektrische Körper, das Reibzeug, der Conduktor oder Leiter, der Isolator und die Maschinerie, um den elektrischen Körper in Bewegung zu setzen.

57. Der elektrische Körper, auf dessen Erregung Elektrizität sich entwickeln soll, läßt sich auf verschiedene Weise verfertigen. Die Physiker der frühesten Zeit brauchten Schwefelkugeln, im Ganzen aber hat man polirtes Glas als den passendsten Körper erkannt. Die ursprüngliche Form, die ihr Hauksbee, der Erfinder der Elektrisirmaschine, gab, war die einer Kugel, die sich auf einer vertikalen Achse drehte. Die passendste Form jedoch ist die eines hohlen Cylinders oder einer flachen runden Glasplatte, die sich auf einer horizontalen Achse dreht. Braucht man sie in der Form einer Kugel oder eines Cylinders, so hat man es bisweilen für zweckmäßig gefunden, die Innenseite mit einer dünnen Lage von einer harzigen Zusammensetzung zu füttern, die aus 4 Theilen Terpentin, 1 Theil Harz und 1 Theil Bienenwachs besteht. Diese muß in genügender Masse in die Innenseite der Kugel oder des Cylinders gebracht werden und muß, wenn das Glas allmählig überall gleichmäßig erwärmt ist, über die innere Oberfläche ausgebreitet werden, indem man die Kugel oder den Cylinder um seine Axe dreht. Der Hauptnutzen eines solchen inneren Ueberzugs ist die Ausbesserung schlechter Maschinen; bei guten ist er nicht nothwendig.

Die Physiker der frühesten Zeit begnügten sich zuerst damit, daß sie mit der Hand rieben, bis Winkler in Leipzig ein Kissen zu dem Zwecke einführte; das Kissen ist gewöhn-

lich von weichem Leder, meist Schafleder, das mit Haar oder Wolle ausgestopft wird, verfertigt, so daß es so hart ist, wie ein Stuhlkissen, aber doch genug nachgibt, um sich ohne viel Druck an die Oberfläche des Glases, auf das man es anwendet, anzupassen.

58. Von cylindrischen Maschinen ist die einfachste und vollkommenste Vorrichtung die von Nairne erfundene, welche in Fig. 9. dargestellt ist. Der Glascylinder C hat 8—16″ Durchmesser und 1—2′ Länge.

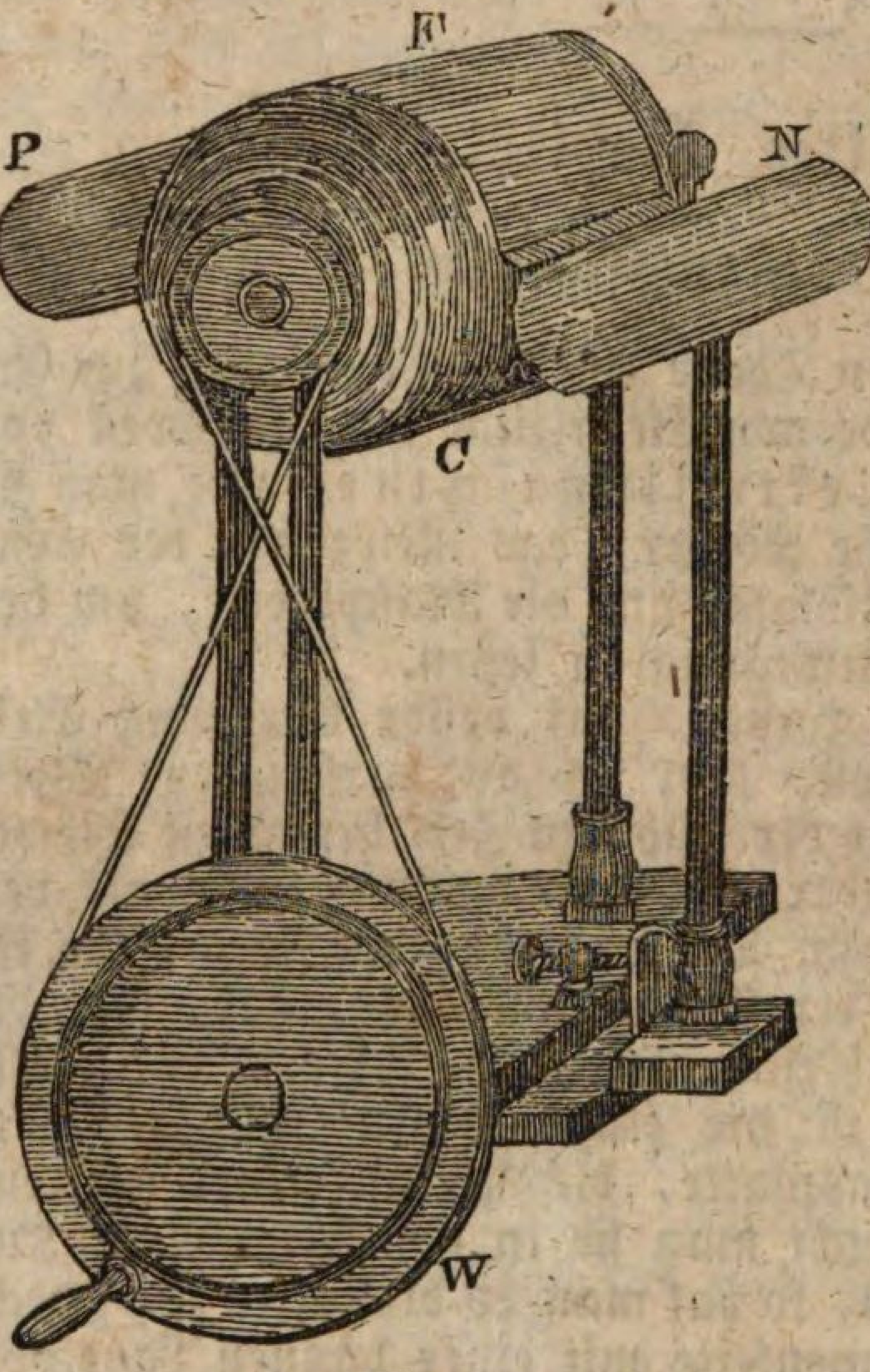


Fig. 9.

Er ruht auf zwei aufrechten Glassäulen, die auf einem festen hölzernen Gestell stehen; zwei hohle metallische Leiter P N in Länge den Cylindern gleich, stehen mit ihm parallel auf jeder Seite, auf zwei isolirenden Glassäulen, welche in zwei besondere Holzstücke gekittet sind, die quer über die Grundlage gleiten, so daß man sie in verschiedene Entfernungen vom Cylinder bringen kann. An einen dieser Leiter N ist das Kissen befestigt, vermittelst einer Spingfeder, deren Zweck dahin geht, es gegen den Cylinder gleichmäßig in jedem Theile seiner Umdrehung zu drücken. Der Druck des Kissens wird weiter durch eine Schraube berichtigt, die an die hölzerne Grundlage angepaßt ist, worauf der Glaspfeiler, der den Conduktor hält, sich befindet. Vom oberen Rand des Kissens geht ein Lappen F von dünner geölter Seide aus, welche an die Vorderseite des Kissens ungefähr in der Entfernung eines $1/4''$ von seinem obern Rande aus genäht ist. Er dehnt sich über die obere Oberfläche des Glascylinders bis innerhalb eines Zolles von einer Reihe metallischer Spitzen aus, welche wie die Zähne eines Rechens von einem Horizontalstabe sich ausdehnen, der an die anstoßende Seite des entgegengesetzten Conduktors P angebracht ist. Die Bewegung

muß dem Cylinder immer in der Richtung des seidenen Lappens ertheilt werden; man kann sie entweder durch eine einzige Handhabe oder durch ein die Kraft vervielfältigendes Rad W, wie in der Figur, ertheilen; durch letzteres erzeugt man mehr Elektrizität in derselben Zeit, dafür wird aber auch die Arbeit beinahe in demselben Verhältniß gesteigert. Bisweilen ist es am bequemsten, den Conduktor, woran das Reibzeug nicht befestigt ist, in rechten Winkel zum Cylinder zu stellen; dies geschieht bei den gewöhnlichen Maschinen.

59. Der Conduktor P, an den das Reibzeug nicht befestigt ist, heißt meist der erste oder Hauptconduktor oder der positive Conduktor, da die Elektrizität, womit er geladen wird, positiv ist. Er besteht aus einer cylindrischen Röhre, die an jedem Ende in eine Halbkugel ausgeht. Man erhält keinen Vortheil, wenn man ihn von massivem Material verfertigen läßt, denn die von ihm enthaltene Elektrizität findet sich nur an den Oberflächen. Man kann ihn aus dünnem Messingblech, oder aus Kupfer, oder aus Zinn, oder aus Pappe verfertigen, die mit Goldschaum oder Zinnfolie bedeckt ist. Man hat allein darauf zu sehen, daß die Oberfläche von allen Spitzen und rauhen Seiten frei bleibt und daß die Bohrlöcher, die man hineinmacht, etwa von der Größe eines Federkieles, um Drähte und andere Vorrichtungen zu befestigen, schön gerundete und polirte Ränder haben. Zur vollkommeneren Isolirung des Conduktors ist es anzurathen, daß man auf die Glassäule die ihn hält, einen Firniß von Gummilack oder Siegellack aufträgt.

60. Der Grad der im Glas hervorgebrachten elektrischen Erregung hängt sehr von dem Stoffe ab, der als Reibzeug gebraucht wird. Singer beobachtet, daß trockene Seide am wirksamsten ist, daß man aber die gewaltigsten Wirkungen durch den Gebrauch eines Amalgama von Zinn, Zink und Quecksilber erhält, das man vermittelst Schweineschmalz an die Oberfläche des Leders oder der geölten Seide aufträgt. Derjenige Theil des Kissens, der mit dem Glascylinder in Berührung kommt, sollte mit einem Amalgama dieser Art überzogen sein, welches gleichmäßig über die Oberfläche ausgebreitet wird, bis es in gleicher Fläche mit der Linie steht, welche der Saum bildet, wodurch der seidenen Lappen mit der Oberfläche des Kissens verbunden ist. Ueber dem Saum darf kein Amalgama angebracht werden und ebensowenig über den seidenen Lappen; letzterer muß rein gewischt werden, sobald die fortgesetzte Bewegung der Maschine ihn beschmutzt hat, indem dieselbe Staub oder Amalgama auf die Oberfläche niederlegt. Dieselbe Aufmerksamkeit ist für die Glas-

oberfläche erforderlich, die oft mit schwarzen Punkten und Linien bedeckt wird, besonders wenn das Amalgama erst kürzlich aufgetragen worden ist. Man muß dieselben, so oft sie sich in einem Betrage bilden, sogleich entfernen, weil sie die Wirksamkeit der Maschine mindern. Auch die Oberfläche des amalgamirten Kissens wird bald beschmutzt, denn das erregte Glas zieht fortwährend Staub von den umgebenden Körpern an, und dieser Staub wird von dem Reibzeug aufgenommen, wenn das Glas daran vorübergeht. Wird der Staub nach jedem Versuch entfernt, indem man das Kissen von dem negativen Leiter trennt und dessen Oberfläche ebenso wie die des seidenen Lappens mit einem trockenen leinenen Tuch sanft abwischt, so kann man die Maschine ohne häufige Erneurung des Amalgama in guter Ordnung erhalten; diese Erneurung ist nur nothwendig, wenn dasjenige, welches aufgetragen worden ist, sich unregelmäßig über das Kissen verbreitet oder mit Staub geschwängert ist.

61. Das von Singer empfohlene Amalgama wird durch Zusammenschmelzen einer Unze Zinn und zwei Unzen Zink gebildet, welche im flüssigen Zustande mit sechs Unzen Quecksilber gemischt und in einen eisernen oder dicken hölzernen Büchse bis sie kalt sind, geschüttelt werden müssen. Alsdann muß man die Masse zu einem feinen Pulver im Mörser zerstoßen und mit einer gehörigen Masse Schweineschmalz mischen, so daß daraus ein Teig entsteht. Enthält das Amalgama viel Quecksilber, so ist seine Wirkung wechselnd und vorübergehend. Der beste Kitt zur Befestigung des Cylinders auf seinen Zapfen, wird durch Vermischung von fünf Pfund Harz, einem Pfund Bienenwachs, einem Pfund rothen Ocker und zwei Eßlöffel Gips gebildet. Ocker und Gips müssen gut getrocknet sein und alsdann zu den andern Bestandtheilen, wenn dieselben sich im Zustand der Schmelzung befinden, hinzugefügt und abwechselnd gemischt werden.

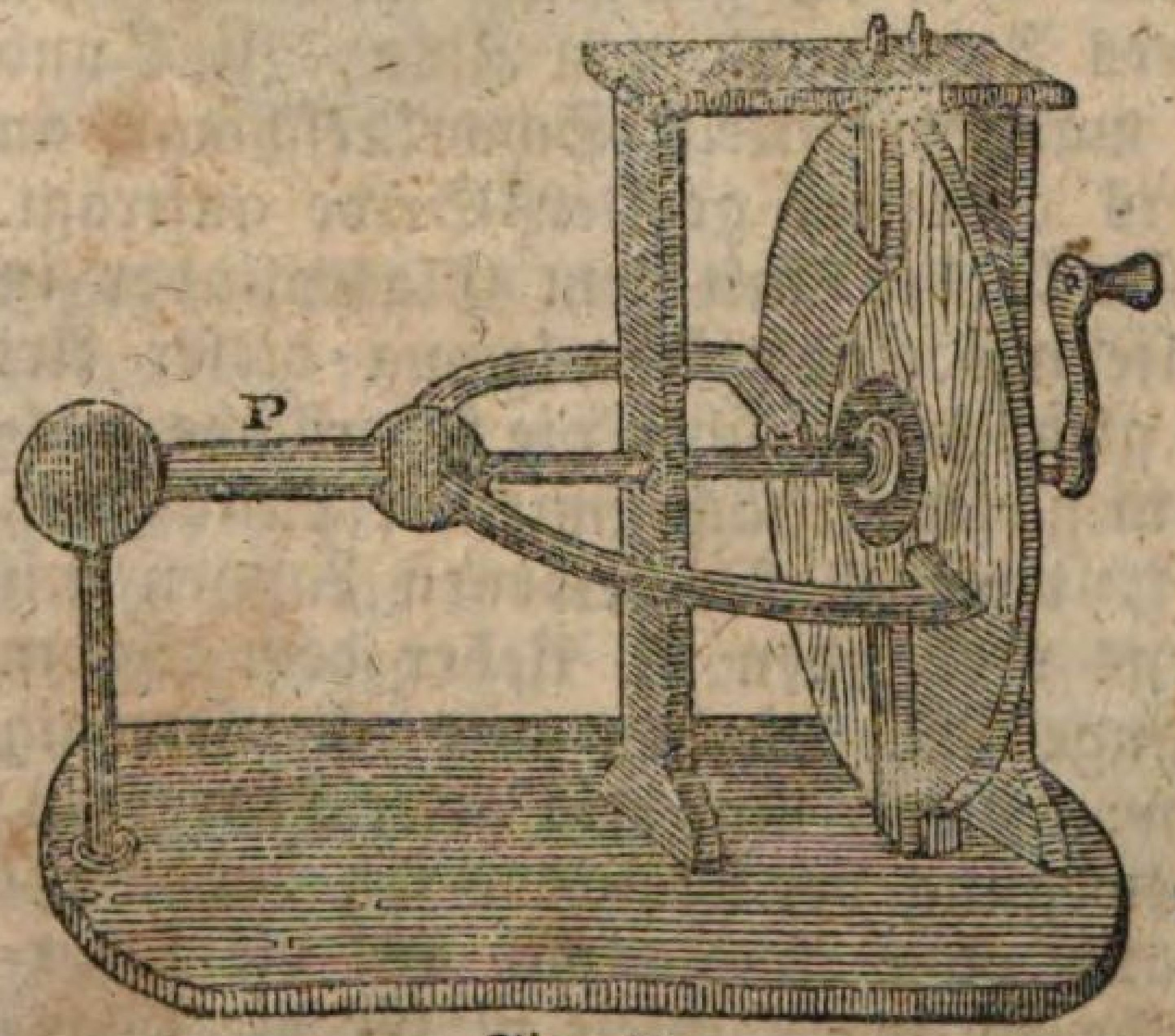


Fig. 10.

Die Glasscheibenmaschine (Fig. 10) wurde zuerst von Dr. Ingenhouß vorgeschlagen, und nachher von Cuthbertson sehr verbessert. Diese Maschine in ihrer vollkommensten Form besteht

aus einer Glasscheibe, die sich auf einer Achse dreht, welche in rechten Winkeln durch die Mitte geht. Sie wird von zwei Paar Kissen gerieben, die an den entgegengesetzten Enden des Umfangs durch elastische Rahmen von dünnem Mahagoni befestigt sind. Dieselben sind so eingerichtet, daß sie die Glasplatte zwischen sich mit erforderlicher Kraft vermittelst berichtigender Schrauben drücken.

Ein messingener Conduktor P, von Glas gehalten, ist an den Rahmen der Maschine mit zwei verzweigten, einander gegenüber stehenden Enden und nah am äußersten Durchmesser der Scheibe, in einer Richtung von rechten Winkeln zur Vertikallinie der gegenüberliegenden Kissen befestigt. Die verzweigten Enden des Conduktors haben zugespitzte Drähte, welche die Elektrizität von der Oberfläche der elektrisch erregten Oberfläche auffammeln.

62. Man kann nicht genau angeben, welche von diesen beiden Maschinen den größten Betrag Elektrizität von derselben Oberfläche auffammelt; der Cylinder aber ist weniger kostbar und weniger Unfällen ausgesetzt, wie die Glasscheibe und scheint beinahe gleiches Vermögen zu besitzen.

63. Nach dem was von den allgemeinen Gesetzen der Elektrizität angegeben wurde, wird sich die Art, wie diese Maschinen wirken, leicht begreifen lassen. Die Reibung des Kissens gegen den Glascylinder erzeugt eine Uebertragung der elektrischen Flüssigkeit von ersterem auf letzteren, d. h. das Kissen wird negativ, das Glas positiv elektrisch. Die Flüssigkeit, welche sich so an das Glas hängt, wird durch die Umdrehung des Cylinders umgeschwungen und ihre Entweichung wird zuerst durch den seidenen Lappen, welcher den Cylinder bedeckt, gehemmt, bis derselbe in die unmittelbare Nähe der metallischen Spitzen geräth; da letztere in geringer Entfernung vom Cylinder sich befinden, saugen sie beinahe alle Elektrizität ein, wenn sie bei ihnen vorübergeht, und übertragen sie an die Hauptleiter. Positive Elektrizität wird somit in dem Hauptconduktor angesammelt, während der mit dem Kissen verbundene Conduktor, dieser Elektrizität beraubt, negativ elektrisch wird.

Wenn aber beide Conduktoren isolirt sind, so hat diese Wirkung bald ihr Ende erreicht; wird nämlich das Kissen und der Conduktor bis auf einen gewissen Grad an Flüssigkeit erschöpft, so können sie nicht mehr durch dasselbe Erregungsvermögen einen weiteren Betrag dem Glase darbieten. Um sie dazu zu befähigen, müssen wir sie gleichsam wieder anfüllen, d. h. ihnen einen Betrag wieder geben, der dem verlorenen gleichkömmt. Diesem Zweck wird dadurch

entsprochen, daß man sie in Verbindung mit einem leitenden Körper von großem Umfang setzt, oder was noch wirksamer ist, indem man eine Verbindung mit der Erde herstellt, die eine unerschöpfliche Quelle elektrischer Flüssigkeit darbietet. Um deßhalb dem Hauptconduktor einen fortwährenden Strom Elektrizität zu ertheilen, müssen wir die Isolirung des Kissens aufheben, indem wir auf den Conduktor, woran er sich befindet, eine Metallkette oder einen Draht befestigen, die sich bis auf den Boden ausdehnt; wünschen wir andererseits negative Elektrizität vermittelst derselben Maschine zu erhalten, so müssen wir den negativen Conduktor isolirt halten und den Hauptconduktor mit dem Boden in Verbindung setzen, um das Entweichen der Flüssigkeit, sobald sie vom Cylinder gesammelt ist, zu gestatten. Die Flüssigkeit wird so fortfahren, ohne Unterbrechung aus dem negativen Conduktor geführt zu werden, da sie jetzt kein Hinderniß für die Entladung auf der entgegengesetzten Seite der Maschine findet.

Der Umstand, daß der Betrag positiver Elektrizität, der in einem Conduktor erzeugt ist, genau dem Betrag negativer Elektrizität im andern gleich ist, wird durch die Thatsache bewiesen, daß man kein Zeichen von Elektrizität in irgend einem der Conduktoren beim Drehen der Maschine erlangen kann, wenn man zwei Conduktoren durch einen Draht verbindet; ist der Draht aber nicht fortlaufend, sondern durch kurze Zwischenräume unterbrochen, so ergibt sich eine Aufeinanderfolge von Funken in jedem Zwischenraum, welche den Durchgang eines Stromes von Flüssigkeit, von einer Seite der Vorrichtung zur andern anzeigen.

64. Eine Person, welche auf einem Stuhl mit Glasfüßen (Isolirstuhl) sich befindet, ist dadurch isolirt; berührt dieselbe in dieser Stellung den Hauptconduktor, entweder mit der Hand oder einem Metallstabe, oder einer Kette, so läßt sie sich als einen Theil des Systemes von Conduktoren betrachten. Wenn diese Maschine deßhalb in Bewegung gesetzt wird, so nimmt die Person mit dem Conduktor Antheil an dessen Ladung Elektrizität, und Funken lassen sich aus irgend einem Theil ihres Körpers durch die Knöchel einer andern Person herausziehen, die in Verbindung mit dem Boden steht.

Viertes Kapitel.

Wirkungen elektrischer Anziehung und Abstoßung.

65. Nachdem wir durch die elektrische Maschinen Mittel zur Ansammlung beträchtlicher Massen Elektrizität erlangt haben, sind wir befähigt, unsere Beobachtungen der Erscheinungen zu vervielfachen und auszudehnen, und mit mehr Genauigkeit zu untersucheu, in wie weit sie den Ergebnissen der Theorie entsprechen. Der Wirkung elektrischer Anziehung und Abstoßung läßt sich so mit größerer Deutlichkeit und in größerem Maßstabe, wie mit dem einfacheren Instrumente zeigen, die wir bisher gehabt haben. Die früher erwähnten Versuche über die abwechselnde Annäherung und Zurückweichung leichter Körper, lassen sich mit jedem Conduktor der Maschine wiederholen, wenn dieselbe mit Elektrizität beladen ist, und wir können mit mehr Genauigkeit die Unterschiede herausstellen, die in der Schnelligkeit vorkommen, womit die Veränderungen von einem elektrischen Zustand zum andern eintreten, je nachdem die Körper bessere oder schlechtere Leiter sind. Eine Kugel von Holzmark oder ein Stück Goldschaum wird sehr stark und sogleich von dem elektrisirten Conduktor angezogen, und im Augenblick wo es zur Berührung gelangt, wieder abgestoßen, allein es wird von den andern Körpern in der Nähe alsdann angezogen, denen es seine Elektrizität mittheilt und findet sich dann wieder in einem Zustand, wo der Conduktor Einfluß übt und worin er wieder angezogen werden kann, und diese Abwechslung der Wirkung währt fort, so lange der Conduktor geladen bleibt.

66. Diese abwechselnden und schnellen Bewegungen kann man am besten bemerken, wenn man zwei kleine Körper zwischen zwei Metallplatten übereinander, wie in Figur 11, stellt, wovon die obere mit dem Hauptconduktor, die untere mit dem Boden in Verbindung steht. Schneidet man Figuren von Männern und Weibern aus Papier und stellt sie zwischen diese beiden Platten, so zeigen sie einen schnellen Tanz, so lange sie die Elektrizität der oberen zur unteren Platte tragen, oder umgekehrt, wenn der Conduktor sich in negativem Zustand befindet.

67. Die Abwechselung der Anziehung und Abstoßung, welche die Uebertragung der Elektrizität durch bewegliche Leiter begleitet, wird auch durch die Bewegung einer Kugel erläutert, die an einen Seidenfaden zwischen zwei Schellen



Fig. 11.

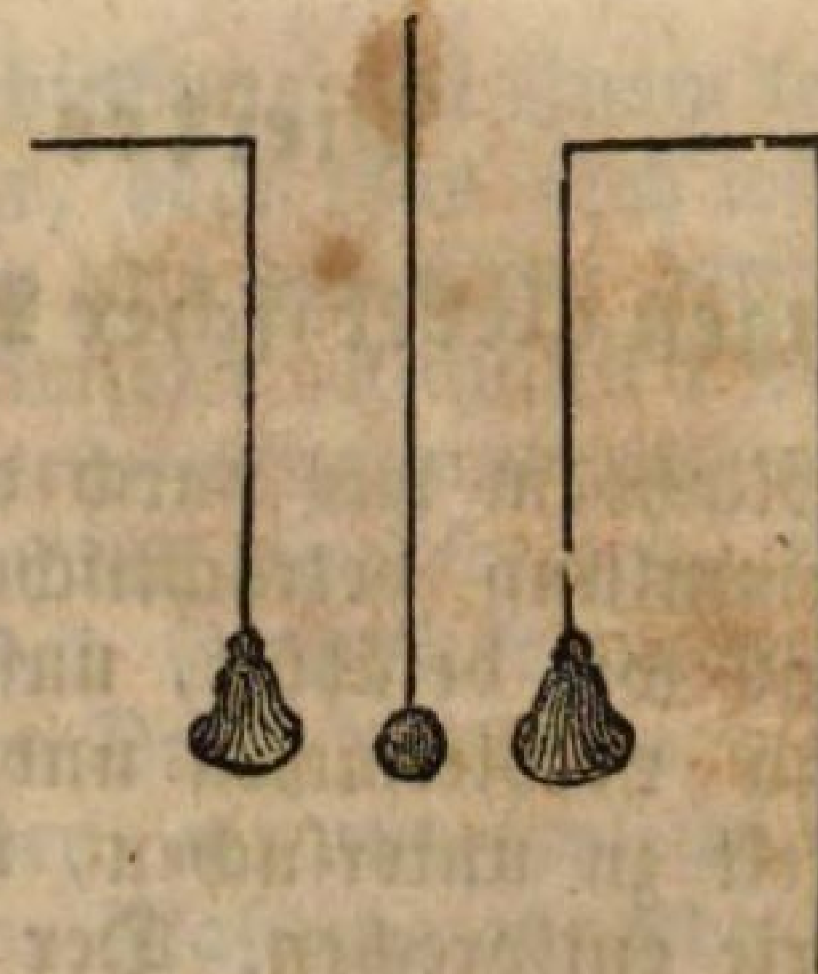


Fig. 12.

hängt, von denen die eine elektrisirt ist und die andere mit dem Boden in Berührung steht; die abwechselnde Bewegung der Kugel zwischen den zwei Glocken, wird ein fortwährendes Geläut erzeugen.

In dieser Beschreibung sind die angegebenen Versuche bloßes Spielzeug, allein dieselbe Anordnung läßt sich auch anwenden, damit man Veränderungen in dem elektrischen Zustand der Atmosphäre erkennen.

68. Die gegenseitige Abstoßung der Körper, welche ähnlich elektrisirt sind, veranlaßte mehrere interessante Erscheinungen. Die Fahne einer Feder wird elektrisirt sich theilen und auseinander stehen, so daß sie ein sonderbares unnatürliches Aeußere darbietet. Eine kleine Figur in der Gestalt eines Menschenkopfes mit Haar bedeckt und auf den Conduktor gestellt und elektrisirt, wird den Anschein des Schreckens durch das Sträuben und Auseinandergehen der Haare darbieten. Eine Wollenflocke wird, stark geladen, in gleicher Weise stark anschwellen, indem die Fasern, welche dieselbe bilden, sich gegenseitig abstoßen; bringt man eine Nadel, die man in der Hand hält, heran, wodurch man die Elektrizität schnell herauszieht, so wird die Wollen- oder Baumwollenflocke in ihren ursprünglichen Umfang schnell zusammenschrumpfen.

69. Wir haben schon bemerkt, daß die Wirkung des Schmelzens bei einigen Körpern darin besteht, daß sie dieselben zu Leitern macht, während sie in ihrem festen Zustand die entgegengesetzte Eigenschaft behalten. Dies ist der Fall bei Siegellack; wenn man geschmolzenes Siegellack elektrisirt, so streben seine Theilchen dahin, sich durch gegenseitige Abstoßung zu trennen und sich in Fäden auszuziehen. Man hefte ein Stück Siegellack an das Ende eines Drahtes, entzünde dasselbe und blase sogleich die Flamme aus; während

die Oberfläche des Siegellacks geschmolzen ist, halte man es in der Entfernung von einigen Zoll an den elektrisirten Conduktor; alsdann wird eine Anzahl feiner Fäden sogleich aus dem Siegellack zum Conduktor herausschießen und sich dort in einer Art Netzwerk wie Wolle verdichten. Steckt man den Draht mit dem Siegellack in eines der Löcher des Conduktors, und hält ein Stück Papier in einer mäßigen Entfernung an das Siegellack, gerade nachdem es entzündet worden ist, so wird sich ein Netzwerk von Siegellack, wenn man die Maschine in Bewegung setzt, darauf bilden. Dieselbe Wirkung, nur in geringerem Grade, wird erzeugt, wenn man das Papier stark mit einem Stück Gummi Elasticum reibt, und wenn man das schmelzende Siegellack ziemlich nahe an das Papier, sobald es gerieben wurde, hält. Erwärmt man das Papier, welches so mit Fasern von Siegellack bedeckt ist, sanft am Feuer, so wird das Wachs anheften und das Ergebniß des Versuches bleibend bezeugen. Ein noch schöneres Aussehen erzeugt der Kampher, wenn man einen ähnlichen Versuch damit gemacht hat. Um dies auszuführen, muß man einen Löffel mit einem Stück angezündeten Kamphers durch die Maschine elektrisiren, während derselbe mit dem Conduktor in Verbindung steht; der Kampher wird alsdann sonderbare Verzweigungen emporschießen lassen, welche deren einer Pflanze gleichen.

70. In derselben Weise wird die Entweichung einer leitenden Flüssigkeit, z. B. Wasser durch eine enge Oeffnung vermittelst der Elektrisirung befördert. Hängt man ein kleines metallisches Gefäß mit Wasser gefüllt an den Hauptconduktor, und stellt man in das Wasser ein Ende eines Glashebers mit einem Haarloch von solchem Durchmesser, daß das Wasser kaum hinauströpfeln kann, und dreht man alsdann den Cylinder der Maschine, so daß er Elektrizität dem Gefäß und dem Inhalt ertheilt, so strömt das Wasser sogleich in einen Strom heraus, und wenn die elektrische Leitung sehr stark ist, wird sich der absteigende Strom in viele Verzweigungen vertheilen.

71. Wird ein mit Wasser gesättigter Schwamm an dem Hauptconduktor aufgehängt, so wird das Wasser zuerst nur allmählig von dem Schwamm abfließen; wird aber der Conduktor stärker elektrisirt, so fallen die Tropfen in großer Menge und sehen im Dunkeln wie ein erleuchtetes Regenschauer aus.

72. Die abstoßende Kraft elektrisirter Körper ist zur Verfertigung des Elektrometers benutzt worden, eines Instrumentes, zum Maß der Stärke der Elektrizität, welche die



Fig. 13.

Körper enthalten. Henley's Elektrometer (Fig. 13) besteht aus einer dünnen Ruthe von sehr leichtem Holz r, die als Weiser dient, mit einer kleinen Markkugel sich endet, und von dem oberen Theil einer Holzstange s hängt, die in die obere Oberfläche des Conduktors paßt; ein elfenbeinerner Halbkreis oder Quadrant q ist an die Holzstange befestigt, um den Winkel der Erhebung von der senkrechten Linie zu messen, welchen die Zurückstoßung der Kugel von der Holzstange ab in der beweglichen Ruthe veranlaßt. Die Zahl der Grade, die auf dem Quadranten steht, erweist den Betrag der Elektrizität, womit eine Vorrichtung geladen ist; ein genaues Maß der Stärke kann jedoch das Instrument nicht angeben.

73. Eines der feinsten Instrumente, um die Gegenwart der Elektrizität zu entdecken, ist das von Bennet erfundene, welches gewöhnlich der Goldplättchen-Elektrometer heißt, obgleich es eigentlich nur ein Elektroskop ist. Es besteht (Fig. 14) aus zwei engen Goldplättchen g, die parallel gegen einander in einem Glascylinder aufgehängt sind, welcher sie vor zufälligen Luftströmungen schützt; dieselben sind am Ende einer kleinen metallischen Röhre befestigt, die sich oben mit einer flachen Oberfläche S von Metall oder mit einer Metallkugel endet. Zwei Zinnplättchen tt sind an der Innenseite des Cylinders einander gegenüber in scheitelrechter Lage und in solcher Stellung angebracht, daß die Goldplättchen dieselben berühren können, wenn ihre gegenseitige Abstoßung zur Genüge stark ist, um sie bis zu dieser Ausdehnung aus einander zu treiben. Diese Zinnplättchen endigen am Fuße des Instrumentes und stehen so mit der Erde in Verbindung. Eine kleine Ladung Elektrizität dem oberen Ende der Röhre mitgetheilt, wird sogleich den Goldplättchen überliefert, die so einander abstoßen. Wenn aber die Abstoßung zu groß ist, daß sie gegen die Zinnfolien schlagen, so hört ihre Isolirung auf und ihre Elektrizität wird weiter geleitet; da sie dadurch neutral werden, so hören sie auf, einander abzustoßen, und nehmen ihre ursprüngliche Lage wieder an.

S



Fig. 14.

74. Der vollkommenste Elektrometer zum Maße eines sehr geringen Grades von Elektrizität ist die von Coulomb erfundene Vorrichtung, welcher er den Namen Torsions-(Drehungs-) Waage ertheilt hat. Sie ist in der einfachsten Form (Fig. 15) dargestellt, und besteht aus einer cylindrischen


Fig. 15.

Glasflasche, die oben durch eine runde Glasplatte mit einem Loch in der Mitte bedeckt ist. Durch dies Loch steigt eine einzelne Faser von dem Gewebe des Seidenwurmes beinahe bis zum Boden der Flasche hinab und hat am unteren Ende eine quer hängende Nadel. Diese Nadel besteht aus einer Faser von Gummilack oder einem Seidenfaden oder einem mit Siegellack überzogenen Strohstück; an einem Ende findet sich eine kleine Kugel von Holzmark und am andern eine Scheibe von gefirnißtem Papier, die als ein bloßes Gegengewicht gegen die Kugel wirkt. Das obere Ende der Seidenfaser ist an eine Art Knopf mit einem kleinen Weiser geheftet, der sich auf einem runden Zifferblatt mit einer Gradabtheilung bewegt. Eine Seite der Flasche ist durchbohrt, so daß die Einfügung einer kurzen Horizontalstange mit einer kleinen Metallkugel an jedem Ende möglich wird, wovon die eine an der Innenseite, die andere an der Außenseite der Flasche sich befindet. Die erstere liegt so, daß sie gerade der Kugel der aufgehängten Nadel erlaubt, im Laufe der Umdrehung mit ihr in Berührung zu kommen. Durch Drehung des Knopfes oder des Zeigers läßt sich die Nadel in diese oder jede andere erforderliche Stellung in Bezug auf die Kugel bringen. Man hat durch Versuche erkannt, daß der Drehungswinkel der seidenen Faser innerhalb eines gewissen Bereichs der Entfernung sehr nahe in dem direkten Verhältniß der Kraft steht, welche in Erzeugung der Drehung wirkt, und deßhalb, wenn die zwei Kugeln durch Drehung des Knopfes in Berührung gebracht, und alsdann in ähnlicher Weise elektrisirt werden, bietet die Entfernung, in welche sie durch die Winkelbewegung der aufgehängten Kugel abgestoßen werden, ein Maß von der geäußerten Abstoßungskraft dar. In gleicher Weise gibt die Entfernung, durch welche die aufgehängte Kugel sich bewegt, wenn sie von der befestigten Kugel angezogen wird, im Fall die beiden entgegengesetzte Elektrizitäten haben, ein genaues Maß für die Anziehungskraft. Durch den Gebrauch dieser Vorrichtung hat Coulomb auf sehr genügende Weise das Gesetz der Abwechslung sowohl der anziehenden wie abstoßenden Kräfte dargelegt, welche aus Elektrizität in Bezug auf die Entfernung entstehen, wie wir dasselbe schon angegeben haben.

Fünftes Kapitel.

Vertheilung der Elektrizität.

75. Es ist schon lange beobachtet worden, daß der Betrag der Elektrizität, den die Körper empfangen können, sich nicht nach dem Verhältniß ihrer Masse richtet, sondern hauptsächlich von der Ausdehnung der Oberfläche abhängt. Man fand z. B., daß ein metallischer Leiter in Form einer Kugel oder eines Cylinders eben so viel Elektrizität, wenn er hohl war, wie wenn er massiv war, enthielt; daraus ergab sich, daß die Elektrizität ausschließlich auf der Oberflache verweilt, oder wenigstens sich nicht gleichmäßig auf die ganze Masse des Körpers verbreitet. Jedoch nur durch Anwendung aller Feinheiten mathematischer Nachforschung auf die Theorie ließen sich richtige Vorstellungen über die genaue Vertheilung der elektrischen Flüssigkeit verschiedener Formen bilden. Die Arbeiten von Cavendish, Coulomb, Poisson und Ivory haben das Mittel geboten, um diese Aufgabe in jedem Fall, so verwickelt sie auch sein mag, zu lösen; wo immer ein Vergleich zwischen den Resultaten der Erfahrung und der Theorie angestellt wurde, hat man eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen beiden erkannt. So hat man gefunden, daß alle Erscheinungen der Elektrizität genau mit den mechanischen Folgen der Theorie übereinstimmen; man kann sie mit der strengsten Genauigkeit vorher angeben, und sie eben so wohl im kleinsten Detail wie in der verwickeltsten Verbindung durch Zahlenberechnung darstellen.

76. Zur Messung des verhältnißmäßigen Betrages Elektrizität, womit verschiedene Theile desselben Körpers oder verschiedener Körper geladen sind, ist kein Werkzeug so gut geeignet, wie Coulombs Waage, wovon ein genauer Bericht soeben gegeben ist. Hauptsächlich wird das Instrument durch seine äußerste Empfindlichkeit zu diesen Versachen geeignet, wodurch die geringste Veränderung in der Stärke der Anziehungs- oder Abstoßungskraft eine sehr beträchtliche Wirkung in der Bewegung der horizontalen Nadel hervorbringt. In einigen der von Coulomb erwähnten Versuche genügt eine Kraft, die allein einem 279tel Gran gleich war, um eine vollkommene Umdrehung der Nadel um den Kreis hervorzubringen; deßhalb läßt sich der 360te Theil dieser Kraft, oder weniger wie 100,000stel Gran auf jeden Gran seiner Winkelbewegung anschlagen. Um nun solche Kräfte bei diesem Instrument anzuwenden, wie es zu messen vermag, wobei es zugleich aus den

verschiedenen Theilen der Körper solchen kleinen Betrag von Elektrizität auffsammeln kann, der im genauen Verhältniß zu denjenigen steht, womit es selbst geladen ist, brauchte Coulomb eine Vorrichtung, die er eine Probirfläche nannte, und die einfach auf einer runden Papierscheibe d (Fig. 15.) bestand, welche an das Ende eines dünnen Cylinders von Gummilack befestigt, und so vollkommen isolirt wurde. Wünschen wir nun die Verhältnisse zu erkennen, worin die Elektrizität auf die Oberfläche oder auf das Innere besonderer Körper vertheilt wird, so isoliren wir zuerst diesen Körper so vollständig wie möglich und theilen ihm dann einen kleinen Theil Elektrizität durch einen Funken von dem Hauptconduktor mit. Alsdann berühren wir einen der Punkte der Oberfläche, dessen Elektrizität wir zu messen wünschen, mit der kleinen vergoldeten Scheibe, indem wir sie am andern Ende ihrer isolirenden Handhabe halten; hierauf bringen wir die Fläche an die Torsions- oder Drehungswaage, deren bewegliche Kugel wir vorher mit Elektrizität derselben Art geladen haben, und setzen sie auf einen Augenblick in Verbindung mit der befestigten Kugel. Hierauf nehmen wir sie fort; die befestigte Kugel, welche jetzt in derselben Weise wie die bewegliche elektrisirt ist, treibt die letzte mit einer Kraft zurück, die den Drehungswinkel mißt, an welchem die bewegliche Kugel anhält. Während diese kleine Ebene und die Kugeln der Waage dieselben bleiben, bewahrt auch die Vertheilung der Elektrizität zwischen der kleinen Ebene und der beweglichen Kugel dasselbe gleichförmige Verhältniß; so steht die sich ergebende Abstoßungskraft, welche die bewegliche Kugel forttreibt im Verhältniß zum Betrag der Elektrizität womit die kleine Kugel geladen ist. Es ist durch eine Reihe wohl eingerichteter Versuche bewiesen worden, daß dieser Betrag im genauen Verhältniß zum Betrage der Elektrizität steht, welche wirklich auf dem Punkte des Körpers vorhanden ist, womit man ihn in Berührung gebracht hat. Wendet man dieselbe Probirungs- und Messungsweise auf verschiedene andere Punkte des zu untersuchenden Körpers an, so kann man die Art, worin die Elektrizität über alle Theile verbreitet ist, erkennen; das Verfahren ist ebensowohl für das Innere des Körpers anwendbar, wenn wir ein kleines Loch bohren, welches an demjenigen Theile endet, dessen Elektrizität wir untersuchen wollen und alsdann die Probirfläche hineinbringen, bis sie zum Boden der Oeffnung gelangen kann. Bei diesem letzten Versuch muß man jedoch sorgfältig darauf sehen, daß die Probirfläche keinen andern Körper als denjenigen berührt, dessen Elektrizität man erkennen will; sie darf nicht

einmal die Seiten der Oeffnung, durch die man sie einbringt, berühren, sonst würde dies gänzlich den Erfolg verfälschen. Folgende sind die hauptsächlichsten Ergebnisse dieser Nachforschung:

77. In einen festen Körper, welcher die Gestalt einer vollkommenen Kugel besitzt und mit positiver Elektrizität geladen ist, wird die ganze Flüssigkeit in Folge der Abstoßung ihrer eigenen Theilchen, die sich überall vom Mittelpunkt nach außen richtet, in einer dünnen Schichte auf der Oberfläche der Kugel aufgehäuft. Wenn der Körper mit negativer Elektrizität geladen ist, so findet sich der Mangel der Flüssigkeit nur auf der oberflächlichen Schichte der Materie.

78. Hat ein Körper statt der Kugelform irgend eine andere beliebige Gestalt, so wird die Elektrizität hauptsächlich auf die Oberfläche beschränkt; ist die Form verlängert, so findet sich eine stärkere Ladung in den entfernten Theilen, wie in denjenigen, welche mehr in der Mitte liegen.

79. Das Ergebniß der Theorie in Bezug auf die Beschränkung der Elektrizität auf die Oberfläche, ist auf die entschiedenste Weise durch die Versuche Coulombs bestätigt worden. Ein leitender Körper in der Form, welche der Durchschnitt Fig. 61 darstellt, hatte kleine Löcher in verschiedenen Theilen seiner Oberfläche. Diese Löcher hatten 1″ Durchmesser und einige der niedrigsten waren nicht mehr wie $^1/_{10}$″ unter die Oberfläche eingesenkt.

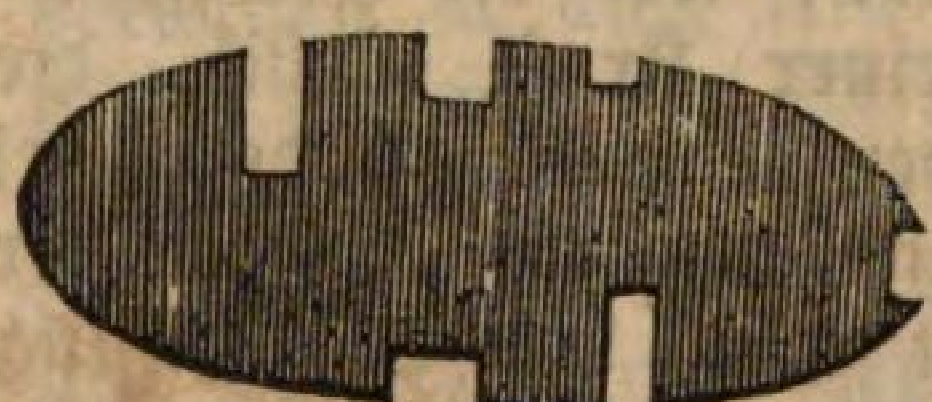


Fig. 16.

Als der Körper elektrisirt und die kleine Probirfläche in genaue Berührung an den Boden dieser Löcher und Einsenkungen gehalten war, wobei man Sorge trug, daß sie nicht deren Rand berührte, und als man sie alsdann an den Elektrometer angebracht hatte, konnte man keine Anzeichen erkennen, daß sie irgend Elektrizität erhalten hätte; dagegen zeigte die Berührung derselben Probirfläche mit einem Theil der ebenen Oberfläche eine starke Elektrisirung der letzteren.

80. Folgender Versuch von Biot gibt eine auffallende praktische Erläuterunng desselben Grundsatzes. a (Fig. 17) stellt den Durchschnitt eines Sphäroids, einer leitenden Materie vor, welcher an einem Faden hängt, der den Körper vollkommen isolirt. cc sind zwei Kappen von Goldpapier, Zinnfolie oder einem anderen Leiter und von solcher Art, daß sie vereinigt genau auf die Oberfläche des Sphäroids passen; man versehe sie ferner mit isolirenden Handhaben von Gummilack. Man theile der Kugel a irgend einen Grad von Elektrizität mit und lasse alsdann die beiden Kappen, durch isolirende Handhaben gehalten, sorgfältig auf die Ober-

fläche anbringen. Bei der Entfernung dieser Kappen wird man erkennen, daß alle Elektrizität vom Sphäroid entfernt worden ist, so daß es keinen Einfluß mehr auf den empfindlichsten Elektrometer äußert, während die beiden Kappen nach genauer Untersuchung denselben Betrag Elektrizität zeigen, der zuerst im Körper a verweilte.

Wir können nach der Theorie und aus Versuchen deßhalb schließen, daß die Elektrizität, obgleich sie, genau genommen, innerhalb des Stoffes der leitenden Körper ihren Sitz haben muß, sich in Wirklichkeit nur auf eine so geringe Tiefe ausdehnt, daß dieselbe sich durch keine bekannte Beachtungsweise anschlagen läßt.

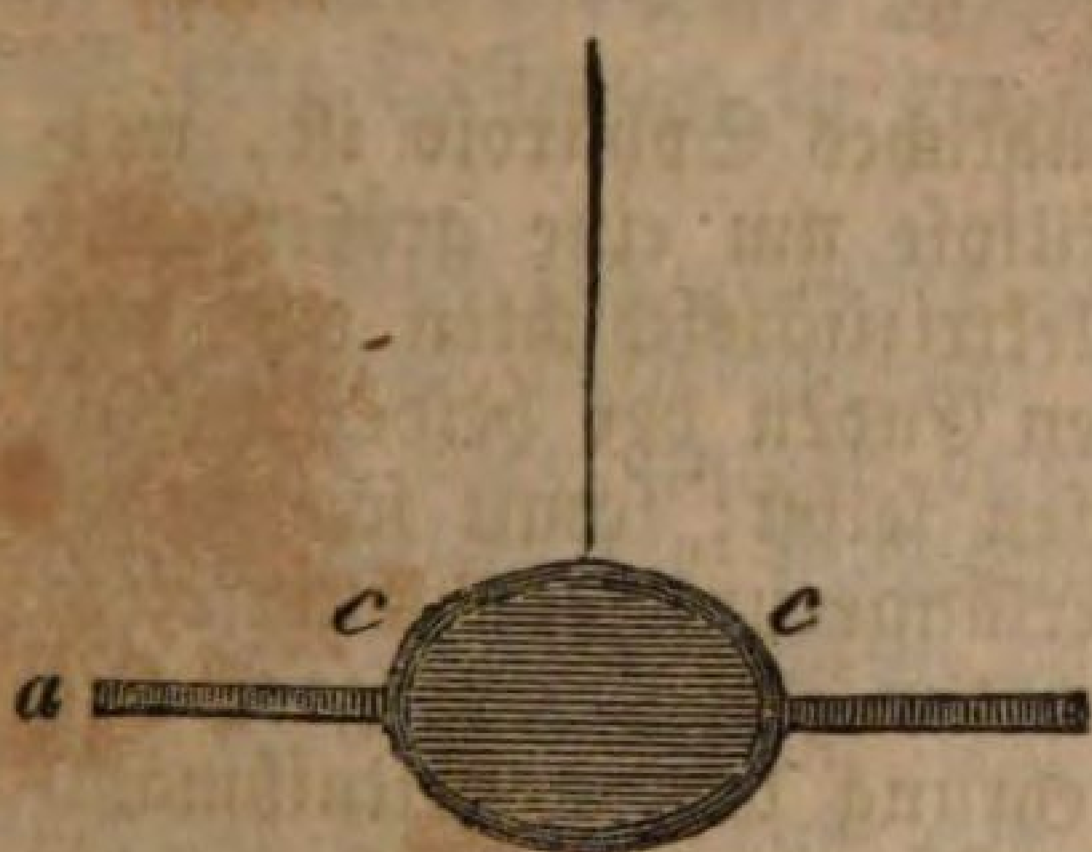


Fig. 17.

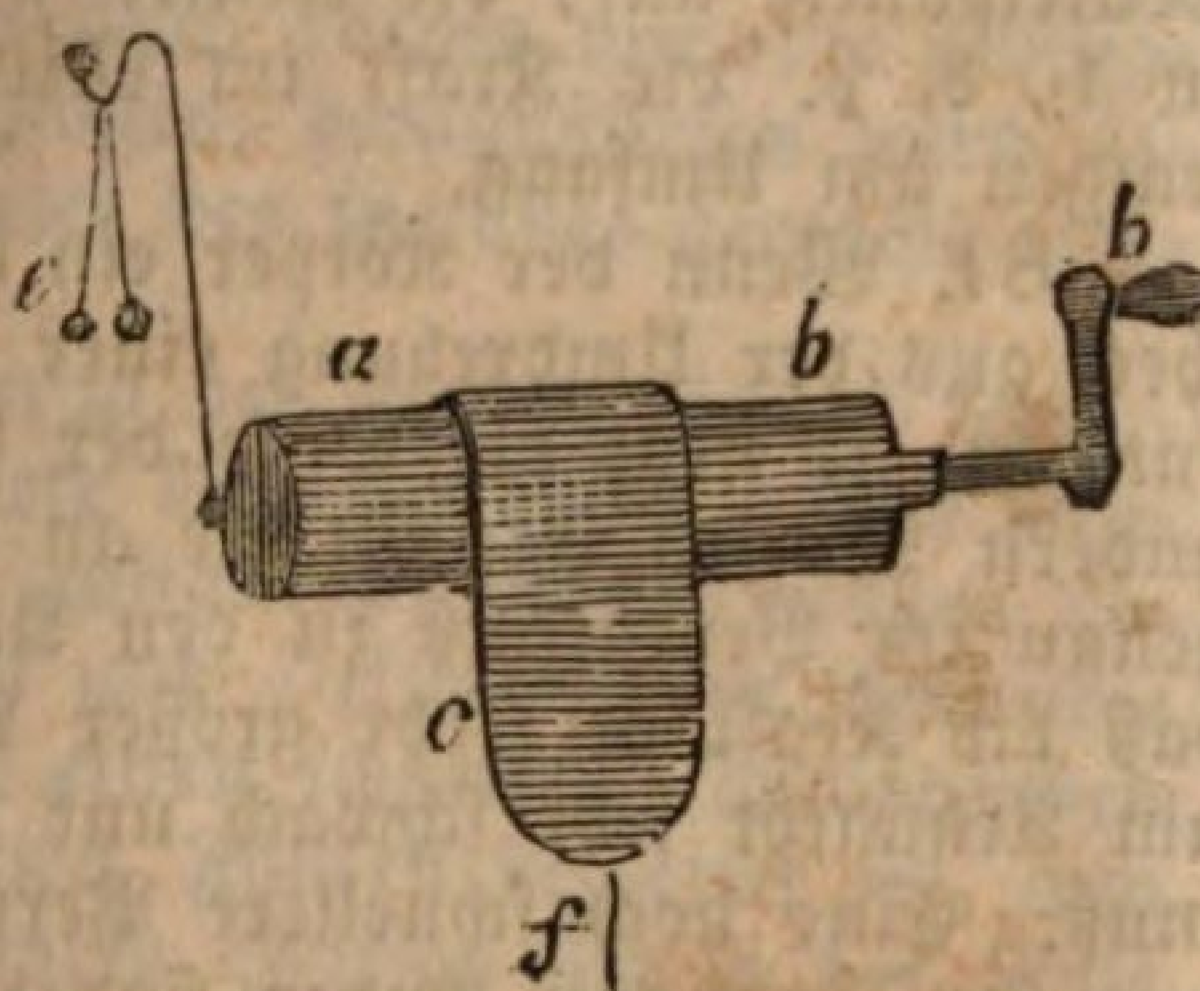


Fig. 18.

81. Die Wirkung einer Ausdehnung der Oberfläche auf Verminderung der Stärke der Elektrizität, während deren Betrag derselbe bleibt, ist durch folgende Versuche Biot's gut erläutert worden: Fig. 18. stellt einen isolirten Cylinder a b dar, welcher um eine horizontale Achse beweglich ist und durch eine isolirende Handhabe h gedreht werden kann; um den Cylinder ist eine dünne Metallplatte gelegt (c), deren Ende eine halbe Kreisform hat, woran ein seidner Faden (f) befestigt ist. Die ganze Vorrichtung steht mit dem Elektroskop e in Verbindung, welches aus zwei leinenen Fäden besteht, wovon jeder mit einer Kugel aus Holzmark endet. Ertheilt man dem Cylinder eine Ladung Elektrizität, so gehen die Fäden und die Kugeln des Elektroskopes auseinander. Faßt man die Seidenfaden und entrollt man die Metallplatten vom Cylinder, so fallen die Kugeln allmählig zusammen und zeigen eine Verminderung der Kraft der elektrischen Abstoßung an. Sind die Platten zur Genüge lang, so kann sich die elektrische Ladung über eine so große Oberfläche verbreiten, daß die Kugeln senkrecht hängen und in Berührung kommen; windet man aber die Platten auf, so wird die Kraft der Elektrizität wieder zurückgegeben und die Kugeln fahren in

derselben Ausdehnung wie früher wieder auseinander, wobei man jedoch die kleine Zerstreuung der Elektrizität abziehen muß, welche sich bei Berührung der Luft während des Versuches ergeben haben kann.

82. Coulomb fand bei langen und dünnen Platten leitende Stoffe, die mit Elektrizität beladen waren, daß ihre Kraft beinahe gleichförmig von der Mitte der Platte an bis zu kurzer Entfernung von den Enden blieb. An diesem Theile ward sie sehr gesteigert und war am Ende zweimal so groß, wie in der Mitte. Bei einer zirkelrunden Platte häuft sich die Elektrizität in größerer Menge am Umfang, wie im Mittelpunkte auf, die Kräfte stehen im Verhältniß wie 2,9 zu 1, d. h. die Kraft im Mittelpunkt ist beinahe $\frac{1}{3}$ derjenigen am Umfang.

83. Wenn der Körper ein längliches Sphäroid ist, welches aus der Umdrehung einer Ellipse um eine größere Axe entsteht, so steht die Dicke der Elektrizitätsschichten oder mit andern Worten ihre Stärke an den Enden der beiden Achsen genau im Verhältniß zu den Achsen selbst; somit scheint es, daß die Kraft bei sehr großer Verlängerung des Ellipsoides am Aequator sehr schwach und an den Polen sehr groß sein muß. Eine noch schnellere Vermehrung der verhältnißmäßigen Kraft an den Enden findet in Körpern von cylindrischer oder prismatischer Form und steigert sich immer, je mehr ihre Länge in größerm Verhältniß zur Breite steht. Coulomb fand durch Versuche, daß die Stärke der Elektrizität in einem Cylinder von 30″ Länge und 2″ Durchmesser, sich zu der Kraft in der Mitte oder an irgend einem Theile, der mehr wie 2″ vom Ende entfernt war, sich wie 2,3 zu 1 verhielt. Verfolgen wir diesen Grundsatz, so gelangen wir zu dem ziemlich wichtigen Schluß, daß die Kraft der Elektrizität, wenn sie an einem solchen Punkt herausgezogen wird, an dem Punkt außerordentlich groß ist und daß der Punkt somit die ganze Elektrizität auffaugen wird, die sich im Körper befindet. Diese ungeheure Zusammendrängung der Elektrizität findet sich auch von allen Punkten, die von der allgemeinen Oberfläche hervorragen.

Sechstes Kapitel.

Uebertragung der Elektrizität.

84. Wir haben zunächst den Zustand der Körper während des Uebergewichtes derjenigen Kräfte zu betrachten,

welche dahin streben, das elektrische Gleichgewicht zu stören, über diejenigen, welche dasselbe zu erhalten trachten. Der Druck, den die elektrische Flüssigkeit auf das nicht leitende Mittel, z. B. die Luft übt, welche ein Hinderniß ihrer Entweichung bietet, steht in einem Verhältniß, welches aus der abstoßenden Kraft ihrer eigenen Theilchen auf der Oberfläche der Schicht von Flüssigkeit und der Dicke dieser Schicht zusammengesetzt ist; da aber das eine dieser Elemente immer im Verhältnisse zum andern steht, muß der ganze Druck auf jedem Punkte im Verhältniß zum Quadrat der Dicke stehen. Ist dieser Druck geringer wie der Widerstand oder die hemmende Kraft der Luft, so wird die Elektrizität zurückbehalten, sobald sie aber diese Kraft auf irgend einem Punkte übersteigt, so entweicht plötzlich die Elektrizität, ebenso wie eine Flüssigkeit in einem Geschirre eingeschlossen, herausstürzen wird, sobald eine Oeffnung in der Seite des Gefäßes gemacht worden ist.

85. Nur ein gewisser Betrag der Elektrizität des leitenden Körpers entweicht auf diese Weise plötzlich. Der Einbruch aber wird immer durch auffallende Erscheinungen bezeichnet, welche die Plötzlichkeit und Heftigkeit der Veränderung aussprechen. Man hört einen scharfen, schnappenden Ton, der durch einen lebhaften Funken begleitet ist, und man hat Beweise, daß eine starke Wärme sich in der Linie entwickelt, welche die Elektrizität einschlägt.

86. Der Durchgang der elektrischen Flüssigkeit durch einen vollkommenen Leiter, ist mit Lichterscheinungen nicht begleitet. Das Licht zeigt sich allein, wenn Hindernisse auf seinem Wege durch Zwischenliegung unvollkommener Leiter sich vorfinden, und so groß ist die Schnelligkeit seiner Ueberlieferung, daß die Funken in demselben Augenblick auf der ganzen Linie des Laufes zum Vorschein kommen. Kleistert man eine Reihe kleiner Stücke Zinnfolie auf ein Glasstück (Fig. 19.) und sendet die Elektrizität hindurch, indem man eines der Enden mit dem Conduktor einer Elektrisirmaschine in Verbindung setzt, während das andere Ende



Fig. 19.

mit dem Boden in Verbindung steht, so kann man keinen Unterschied der Zeit in dem Vorkommen des Lichtes auf den verschiedenen Theilen bemerken, so daß die ganze Reihe der Lichtpunkte, wenn dieselben sich in genügender Nähe befinden, wie eine lebhafte und fortlaufende Lichtlinie erscheint.

Wechselt man mit der Anwendung der Zinnfolie, so

kann man das Licht in jeder beliebigen Weise vertheilen, so daß dasselbe eine glänzende Zeichnung der dargestellten Figur zeigt; sogar wenn die leitenden Körper in Berührung zu sein scheinen, sieht man, im Fall man den Versuch im Dunkeln anstellt, einen Funken zwischen ihnen hindurchgehen, hat man nicht die Körper mit beträchtlicher Kraft dicht aneinandergedrückt; leitet eine Kette eine Ladung Elektrizität weiter, so erscheint sie auf jedem Gliede als leuchtend.

87. Die längsten und lebhaftesten Funken erlangt man zwischen zwei Leitern von gerundeter Form, und zwar um so mehr, wenn beide Theile Kugeln mit großem Durchmesser sind; dies läßt sich bei einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine erweisen, wenn man eine Metallkugel von bedeutender Größe an diejenige Seite des Hauptconduktors bringt, welche von dem Cylinder der Maschine am weitesten entfernt ist. In solchen Fällen ist jedoch die Entfernung zwischen den leitenden Körpern, welche zur Uebertragung der Elektrizität durch die Luft erfordert wird, oder die sog. Schlagweite nothwendig klein, da die Elektrizität eine geringe Kraft hat. Wenn die Kugel von kleinerem Durchmesser oder wenn der Conduktor von einer mehr verlängerten Form ist, so hat auch die Elektrizität auf der Oberfläche eine größere Stärke und wird deßhalb durch eine größere Ausdehnung der Luft dringen; der Funke ist alsdann beträchtlich lang und erscheint als ein langer Feuerstreifen, der sich vom Conduktor zur Kugel ausdehnt und statt auf einen Punkt gerichtet zu werden, auf verschiedene Punkte in einer gewissen Ausdehnung der Oberfläche der Kugel sich ausdehnt. Wenn der Funke sehr lang ist, so sieht man oft an ihm einen winkeligen oder Zickzacklauf, welcher genau dem Blitze gleicht. Die Unregelmäßigkeit entsteht wahrscheinlich dadurch, daß die Flüssigkeit in schräger Richtung nach kleinen leitenden Theilchen hinschießt, die in der Luft schwimmen, und dadurch von der geraden Linie des Durchgangs etwas entfernt wird. Theilchen Feuchtigkeit, die in der Luft hängen, würden schon genügen, diese Abweichungen zu veranlassen. Die Gegenwart solcher Theilchen wird auch die Erscheinung von Funkensprühen nach der Seite erklären, die häufig von dem Hauptstrom der Elektrizität abweichen. Je größer die Zahl solcher in der Mitte liegenden Leiter ist, desto leichter wird das Gleichgewicht

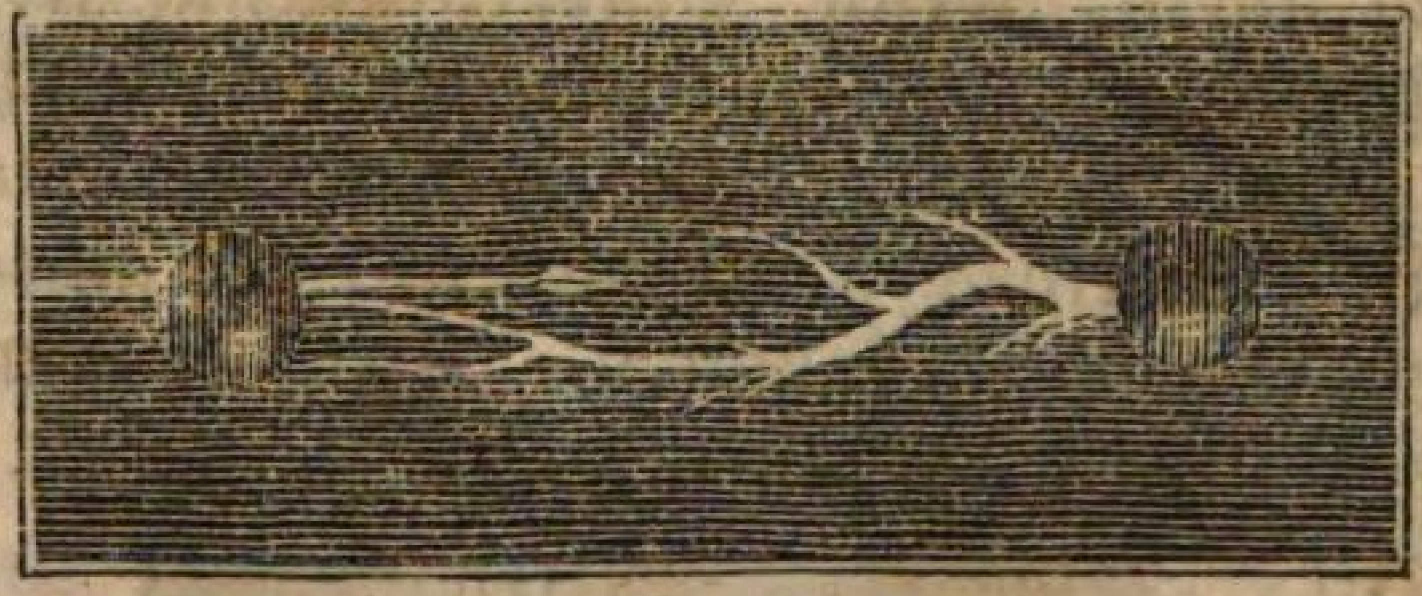


Fig. 20.

zwischen den Kräften gestört und der Einbruch der elektrischen Flüssigkeit bedingt werden. Ist die Luft genügend feucht, oder genügend verdünnt, so geht die elektrische Flüssigkeit mit verhältnißmäßiger Leichtigkeit hindurch und ihre Spur wird durch Lichtströme angezeigt, die wahrscheinlich durch viele parallele Reihen kleiner Funken entstehen, die von Theilchen zu Theilchen übergehen.

88. Elektrisches Licht ist durchaus nicht von demjenigen verschieden, welches man aus anderen Quellen erhält. Wollaston fand, daß man vermittelst der Beobachtung durch ein Prisma die gewöhnlichen Farben erlangte, welche durch Zersetzung des Lichtes entstehen; die herrschende Farbe wechselt aber je nach den verschiedenen Stoffen, durch welche die Funken hindurch gehen oder je nach der Natur der Oberfläche, von wo sie ausfließen oder von welcher sie aufgenommen werden. Brewster fand, das dies Licht Polarisation erleidet, entweder wenn es durch einen doppelt brechenden Krystall hindurchgeht, nämlich durch Zurückwerfung an dem polarisirenden Winkel von einer geglätteten, ebenen Oberfläche oder durch eine schräge Brechung einer Reihe von Glasplatten hindurch.

89. Der Glanz des elektrischen Funkens, steht in Verhältniß zum Leitungsvermögen der Körper, zwischen denen er hindurch geht. Braucht man einen unvollkommenen Leiter, z. B. Holz, so erscheint das elektrische Licht in der Form schwacher rother Strahlen; Metalle aber ertheilen ihm einen größern Glanz. Seine Farbe ist wegen vieler verschiedenen Umstände dem Wechsel unterworfen. Funken, die durch Kugeln von Holz oder Elfenbein hindurch gehen, sind karmesinroth, allein dies hängt ebenfalls von ihrer Lage in Bezug zur Oberfläche ab. Werden zwei gespitzte Drähte schräg und in entgegengesetzter Richtung in einem Stück Tannenholz eingefügt, indem ihre Spitzen 1½ Zoll auseinander stehen, allein in verschiedenen Tiefen unter der Oberfläche eindringen, und werden dieselben auf solche Weise hineingebracht, daß die Linie, welche sie in Verbindung setzt, in der Richtung der Fasern liegt, so werden die Funken, welche von einem zum anderen übergehen, verschiedene Farben in verschiedenen Tiefen zeigen; ist eine dieser Spitzen tiefer wie die andere eingesenkt, so werden alle diese Farben sich auf einmal zeigen, je nachdem das elektrische Licht in verschiedenen Tiefen überliefert ist. Elektrische Funken, die von einer Metalloberfläche zur andern übergehen, sind weiß; wird aber der Finger an einen elektrisirten Leiter gehalten, so sind die erlangten Funken violett; sie sind grün,

nimmt man sie von der Oberfläche übersilberten Leders; gelb, nimmt man sie von fein gepulverter Kohle; purpurfarben, nimmt man sie von der größeren Zahl unvollkommener Leiter. Ist einer der Körper, zwischen denen der Funken stattfindet, eine grüne Pflanze, so wird der Funken roth; dasselbe ist bei Wasser oder Eis der Fall. Im Dunst von Aether sieht man grüne Funken, wenn das Auge dicht an die Röhre gebracht ist; in beträchtlicher Entfernung aber scheinen die Funken röthlich. Sogar zwischen denselben zwei metallischen Leitern kann die Farbe vom glänzendsten Weiß zum zartesten Violett, je nach der Entfernung, wodurch die Elektrizität überliefert wird, und nach dem Widerstand des Mittels abwechseln, durch welches sie hindurch muß. Bei sehr verdünnter Luft ist die Farbe des Funkens grün; bei dichterer Luft wird sie blau und geht zum Violett und Purpur über, im Verhältniß wie die Verdichtung der Luft sich steigert, wird die Elektrizität durch andere Gase hindurch gelassen, so wechselt die Farbe, je nach deren Dichtigkeit. In kohlensaurem Gas ist der Funken weiß und lebhaft, in Wasserstoffgas ist er schwächlich und roth.

90. Beim Anstellen dieser Versuche ist zu beachten, daß das Leitungsvermögen steigt, im Verhältniß wie das Mittel sich verdünnt, und daß alsdann eine kleinere Stärke der Elektrizität für die Lichterzeugung erforderlich ist. In dem gewöhnlichen luftleeren Raum, den die Luftpumpe erzeugt, ist der Durchgang der Elektrizität durch Ströme oder Säulen unordentlichen Lichtes erkennbar, die gelegentlich in ihrer Breite und Stärke wechseln und Bewegungen zeigen, die ihnen eine starke Aehnlichkeit mit dem Nordlichte ertheilen. Nach Verdünnung der Luft in einem Glasgeschirr von ungefähr 1′ Länge und 8″ Durchmesser bis zum 500stel Theile, stellte Smeaton das Geschirr auf die Drehbank und ließ es schnell umdrehen, während er es mit der Hand rieb. Eine beträchtliche Anzahl leckender Flammen erschien unter seiner Hand mit den Farben des Regenbogens. Das Licht war bleibend, allein jeder Theil desselben wechselte fortwährend die Farbe. Wenn ein vollkommen luftleerer Raum in einem mit einer Messingplatte bedeckten Glascylinder erzeugt wird, so wird der elektrische Strom zwischen diesem und der Platte des Recipienten der Luftpumpe in einem ununterbrochenen Laufe derselben Größe durch die ganze Länge hindurchgehen. Wenn man einen Toricellischen luftleeren Raum in dem oberen Theil einer lange gebogenen Glasröhre erzeugt hat, welche man mit Quecksilber füllt und umkehrt, indem man die Schenkel der gebogenen Röhre in besondere Becken

voll Quecksilbers stellt, so sieht man, bei Hindurchsendung der Elektrizität durch die Röhre, daß das Licht den leeren Raum in einem fortwährenden Bogen von leckender Flamme durchzieht, ohne die geringste Abweichung darzubieten.

91. Die Vermuthung, das sich zeigende Licht, welches während des Durchgangs der Elektrizität erscheint, sei die elektrische Flüssigkeit selbst, welche in einem gewissen Grade der Anhäufung durch sich selbst leuchte, war natürlich, bevor man die Sache genügend betrachtet hatte; dies auch war die Meinung, welche man im Anfang hegte. Seitdem wir aber wissen, daß die gewöhnliche atmosphärische Luft durch heftigen Zusammendruck leuchtend wird, und da wir durch Versuche auch vermuthen müssen, daß die Elektrizität einen plötzlichen und gewaltigen Druck auf die Luft bei ihrem Durchgang durch dies Widerstand leistende Mittel übt, so sind wir zu dem Schluß berechtigt, daß dieselben Erscheinungen in beiden Fällen aus denselben Ursachen entstehen. Biot hat diese Meinung angenommen, welche besser wie jede andere zu sein scheint, denn es ist gewiß, daß das ganze sich zeigende elektrische Licht kein weiteres ist, als dasjenige, welches aus dem mechanischen Druck der Luft, der Dünste und aller anderen Bestandtheile des Raumes entsteht, durch welchen die Elektrizität hindurch geht.

92. Der Schall, welcher die verschiedenen Arten der Uebertragung begleitet, ist entsprechenden Veränderungen unterworfen, die ebenfalls ohne Zweifel vom Grade und der Plötzlichkeit des Anstoßes abhängen, welchen die Luft erhält. Der kurze volle und ungetheilte Funken ist mit einer lauten Explosion verbunden; der mehr verlängerte Funken ist mit einem starken Schnappen begleitet, welches um so abgebrochener und raschelnder wird, im Verhältniß, wie die von ihm durchzogene Entfernung größer ist. Die Lichtströme, welche durch die Aufeinanderfolge kleiner Funken entstehen, erzeugen kaum ein Geräusch, sondern sind von einem schwachen raschelnden Ton begleitet, wie wenn ein Windstrom durch eine enge Ritze dringt.

93. Bisweilen bemerkt man in Nähe einer lebhaft bearbeiteten Elektrisirmaschine, welche deßhalb einige Zeit lang eine große Anzahl Funken von sich gibt, einen eigenthümlichen Geruch; man hat geglaubt, derselbe gleiche dem des Phosphor. Dieses beruht auf einer unbekannten chemischen Zersetzung, welche die Elektrizität auf ihrem Durchgang durch die Luft verursacht.

94. Wir hatten schon Gelegenheit, die große Vermehrung der Stärke, welche die elektrische Flüssigkeit am Ende

aller verlängerten Theile leitender Körper erhält, so wie auch die unbeschränkte Vermehrung dieser Stärke zu erwähnen, welche an der Spitze aller vorragenden Punkte stattfindet. Diese hohe Stärke ist nothwendig mit einer gewaltigen Neigung der Flüssigkeit, zu entweichen, begleitet, ein Umstand, welcher eine natürliche und genaue Erklärung der schnellen Zerstreuung der Elektrizität an die Hand gibt, welche an allen Körpern mit schlanker und gespitzter Form stattfindet.

Folgende Versuche erläutern diese Sätze. Man versehe den isolirten Conduktor einer Maschine mit einem paar Markkugeln, die an einem feinen Drahte hängen und mit beiden Arten Elektrizität geladen sind; alsdann wird das Auseinandergehen der Kugeln die Gegenwart und den Grad dieser Elektrizität anzeigen. Hält man eine Metallstange mit einer Kugel an einem Ende in der Hand, und nähert die Kugel dem Conduktor, wobei man jedoch Sorge trägt, sie nicht so sehr zu nähern, daß ein Funke herausgezogen wird, so werden die Kugeln nur wenig Eindruck erleiden und ihr Auseinandergehen wird noch eine beträchtliche Zeit lang dauern. Ist aber die Stange statt einer Kugel mit einer starken Spitze beendet, und hält man die Spitze an den Conduktor, in derselben Entfernung, wie früher die Kugel, so wird das Elektroskop sogleich zusammenfallen und dadurch erweisen, daß die elektrische Ladung gänzlich verschwunden ist; sie ist durch die spitzige Stange sehr schnell herausgezogen worden. Für den Erfolg des Versuches ist es gänzlich unwesentlich, ob wir eine Spitze an den Conduktor selbst heften oder eine solche in der Hand halten, denn man braucht kaum zu bemerken, daß dieselbe Darlegung sowohl den positiven wie negativen Zustand der Elektrizität betrifft.

95. Luftströmungen begleiten stets eine Entladung der Elektrizität, der positiven wie negativen, aus gespitzten Körpern; denn jedes Lufttheilchen, sobald es seine Elektrizität von der Spitze erhalten hat, wird sogleich vom Körper abgestoßen. Diese Strömungen haben das nachdrückliche Bestreben, die Zerstreuung der Elektrizität zu steigern, indem sie mit der Spitze eine fortlaufende Aufeinanderfolge der Theilchen in Berührung bringen, die nicht elektrisirt, und deßhalb bereit sind, eine Ladung zu empfangen. Viele Versuche beruhen auf diesem Grundsatz; man lasse zwei Querdrähte (Fig. 21), deren Enden Spitzen haben, die in derselben Richtung mit der Axe gebogen sind, vermittelst einer Kappe auf einer feinen Spitze halten und dadurch elektrisiren, daß man sie auf den Hauptconduktor einer Maschine


Fig. 21.

stellt. Eine jede Spitze wird einen Strom Elektrizität entsenden; dies wird einen Theil des Drucks entfernen, den die Flüssigkeit auf dieser Seite geäußert haben müßte, wenn kein Ausfluß stattgehabt hätte; da aber der Druck der Flüssigkeit auf der entgegengesetzten Seite des Drahtes in entgegengesetzter Richtung mit aller Kraft fortwirkt, so wird der Draht in der Richtung dieser Kraft angetrieben werden, d. h. in einer Richtung, welche der des Stromes entgegengesetzt ist; und da dieses auf allen vier Punkten stattfindet, so wird sich das ganze System mit beträchtlicher Geschwindigkeit umdrehen.

Folgendes ist eine andere Form zu Anstellung dieses Versuches: Zwei Drähte (Fig. 22) werden in der Richtung einer leicht gegen den Horizont geneigten Ebene zwischen vier isolirenden Säulen ausgespannt. Quer über diesen Drähten muß ein anderer Draht ruhen, der mit kleinen Kugeln an jedem Ende ausgeht und einen in rechten Winkeln befestigten Querdraht mit zwei gebogenen Spitzen wie im früheren Versuche hat.

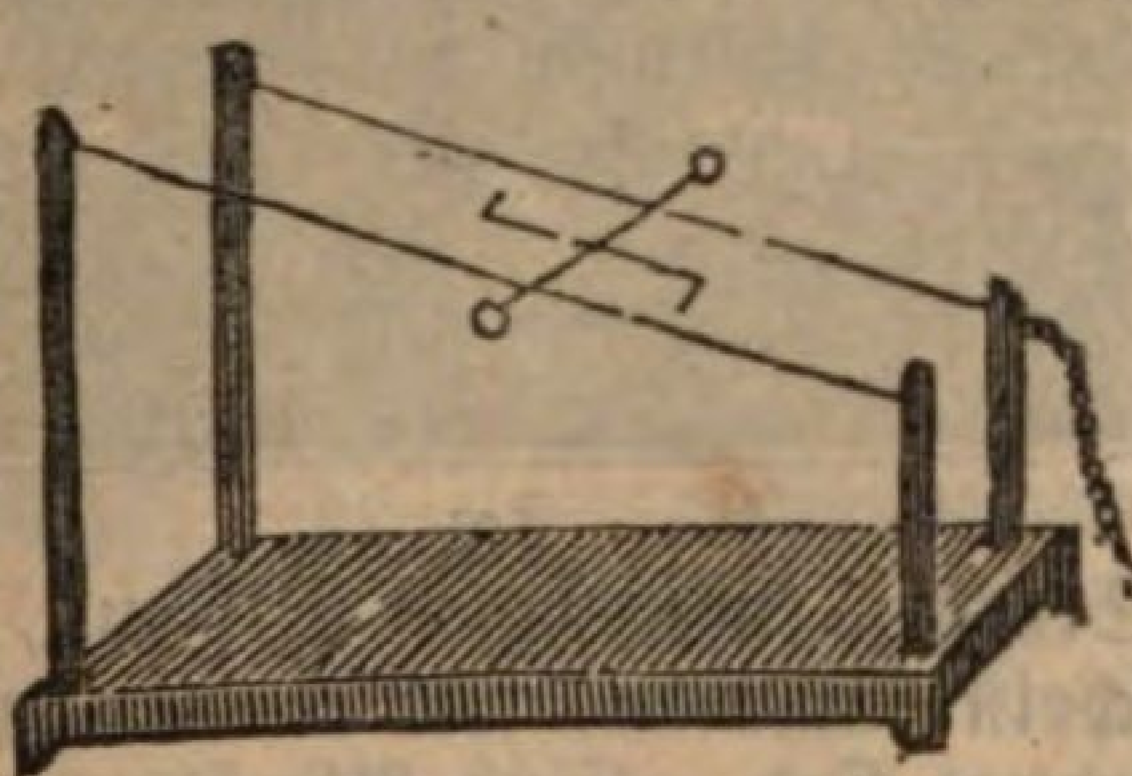


Fig. 22.

Wird dies System elektrisirt, so erzeugt die Zerstreuung der Elektrizität von den Spitzen aus eine Umdrehung der Stangen, wodurch die Querstange die geneigte Fläche hinaufrollt. Eine Vorrichtung, die aus Drähten besteht, welche sich in Spitzen enden und Kugeln an sich befestigt haben, welche die Planeten darstellen, können auf diese Weise verfertigt werden, so daß sie elektrisirt sich umdrehen und so die Bewegungen der Planeten nachahmen. Eine solche Vorrichtung nennt man ein elektrisches Planetarium.

96. Es ist jedoch zu bemerken, daß eine Spitze ihr Vermögen, Elektrizität zusammenzudrängen und zu zerstreuen, verliert, wenn sie von andern Theilen des leitenden Körpers umgeben ist, welche gleichfalls hervorragen; z. B. wenn sie zwischen zwei Kugeln gestellt oder in einer Röhre eingeschlossen ist, oder sich über die Oberfläche des Körpers nicht sehr erhebt. Die Wirkung einer Spitze wird sogar durch die Nähe einer andern Spitze sehr vermindert, so daß die Elektrizität, wenn man mehre Spitzen nahe an einander dem Conduktor darbietet, weit weniger schnell herausgezogen und nur durch Funken übertragen wird, anstatt einen fortlaufenden Strom zu bilden.

97. Wenn die Uebertragung der Elektrizität zwischen glatten Oberflächen einer gewissen Ausdehnung stattfindet,

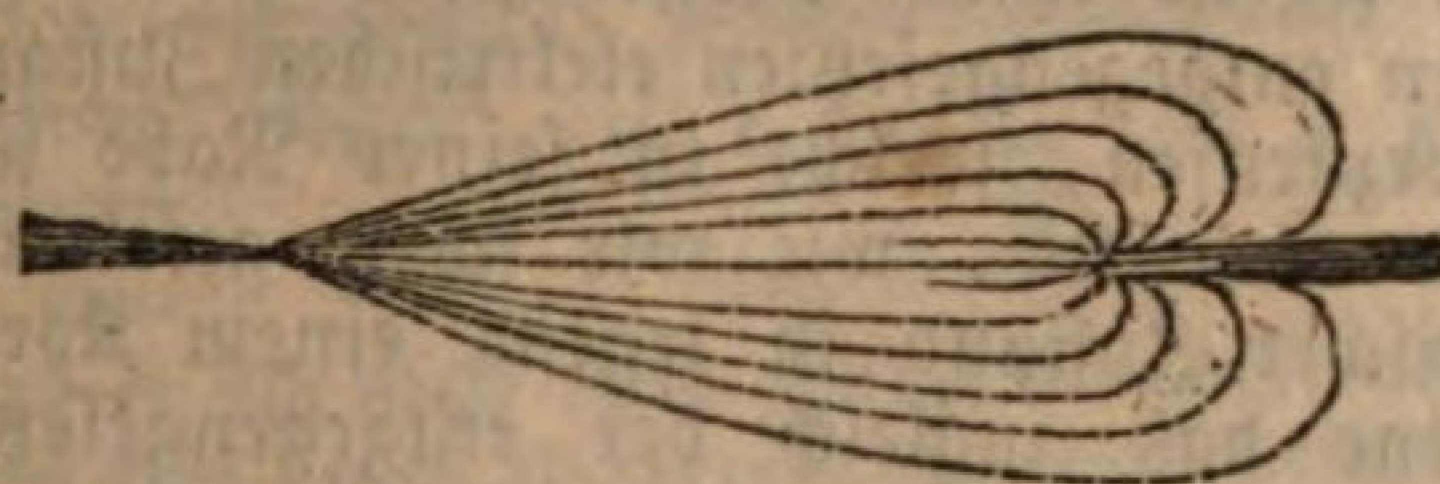
so kann man keinen Unterschied in der Natur und Erscheinung des Funkens sehen, welche Stellung auch die negative Oberfläche haben mag. In dem Uebergang der Elektrizität durch Spitzen aber wird die Wirkung beträchtlich durch die Art der Elektrizität, womit die Körper beladen sind, oder mit andern Worten, durch die Richtung verändert, worin sich die Flüssigkeit bewegt. Entweicht die elektrische Flüssigkeit aus einem spitzen Conduktor, so ist die Lichterscheinung die eines auseinander gehenden Stromes, wie in Fig. 23 dargestellt ist, wobei sie einen sogenannten Lichtbüschel bildet und den Haaren einer Bürste gleicht. Wenn dagegen die elektrische Flüssigkeit in einen spitzen Körper hineingeht, so ist das Licht an der Spitze bei weitem mehr conzentrirt und gleicht einem Sterne, in welchem Ströme, wenn dieselben dort zum Vorschein kommen, wie Radien nach allen Richtungen hin angeordnet sind. Eine Annäherung an diese verschiedenen Veränderungen läßt sich beobachten, wenn Funken zwischen Kugeln von kleinem Durchmesser hindurchgehen, hauptsächlich wenn die Ladung stark ist. So ist die Richtung der seitlichen Verzweigungen, die von der Hauptlinie in dem verzweigten Funken (Fig. 20) ausgesandt werden, die von einer positiven zur negativen Oberfläche.



Fig. 23.

98. Bei Beschreibung obiger Erscheinungen haben wir wie gewöhnlich die Vermuthung Franklins im Auge gehabt; nehmen wir aber die der zwei Elektrizitäten an, so haben wir nur die Erscheinung des Lichtbüschels zu betrachten, als entstehe dieselbe aus dem doppelten Strome der Glaselektrizität, der von einem Punkt herausgeht und der Harzelektrizität, welche hineingeht, während der Stern die Wirkung des Eindringens der Harzelektrizität und der Auffaugung der Glaselektrizität ist. Dieser bemerkenswerthe Unterschied in den erzeugten Erscheinungen je nach der besonderen Art Elektrizität, womit die Spitze geladen wurde, ist immer als ein überzeugender Beweis zu Gunsten der Theorie Franklins angegeben worden. Dadurch scheint sehr stark die Ausströmung einer materiellen Flüssigkeit aus dem positiven und dessen Aufnahme vom negativen Punkte angezeigt zu werden. Die auseinandergehenden Linien der einen und die Einbiegung auf der andern stellen deutlich den Weg von Theilchen dar, die gleichsam aus einer Röhre fließen und vorwärts durch

eine Kraft getrieben werden, die ihnen eine solche Geschwindigkeit ertheilt, daß sie dadurch verhindert werden, sich über eine gewisse Entfernung hinaus aus der geraden Linie ihrer Werfung auszubreiten. Diese Schnelligkeit aber wird die Theilchen, die am meisten abgewichen sind, etwas über den Punkt hinausführen, wo sie angezogen werden; die Anziehung nach diesem letzteren Punkte wird dahin wirken, daß sie von der Linie ihres Weges seitwärts sich wenden und wird sie allmählig nach dem Punkt der Anziehung auf sehr verschiedene Wege bringen, wobei einige sogar eine Bewegung rückwärts machen müssen. Deßhalb müssen sie, während sie im ersteren Fall einen Büschel auseinandergehender Strahlen bilden, im letzteren auf allen Seiten des Punktes wie die Strahlen eines Sternes vertheilt sein. Die beigefügte Zeichnung, Figur 24, wird zur Genüge diese Erklärung durch Darstellung des vermuthlichen Laufes der Theilchen erläutern, welche durch die Luft von dem positiven zum negativen Punkte gehen. Welche Bedeutung der aus dieser Erscheinung abgeleitete Beweis für die Entscheidung der Frage hat, wird in der Folge behandelt werden.


Fig. 24.

99. Der Unterschied, den wir bei diesen beiden Erscheinungen beschrieben haben, läßt sich bei vielen Gelegenheiten als ein nützliches Unterscheidungszeichen der Art Elektrizität gebrauchen, welche von einem Leiter zum andern übergeht, wenn nicht überhaupt als Unterscheidungszeichen der unbedingten Richtung ihrer Bewegung. Nähert man eine Nadel einem elektrisirten Körper, so erweist die Erscheinung des Sternes auf der Nadel, die Elektrizität des Körpers sei positiv, während im Gegentheil ein Lichtbüschel auf der Nadel anzeigt, der Körper sei negativ.

100. Der Einfluß einer auf kurze Entfernung an der Oberfläche vorragenden Spitze ist größer, wenn dieser Körper negativ, als wenn er positiv geladen ist. Deßhalb kann man einen Funken im letzteren Falle leichter wie im ersteren erhalten. Nach diesem Grundsatz hat Nicholson ein Instrument gebaut, um die negative von der positiven Elektrizität zu unterscheiden. Es besteht einfach aus zwei Metallkugeln, die an den Enden zweier gekrümmter Glasstangen befestigt und wie Zweige auf einem Gelenk beweglich sind, so daß man dadurch die Kugeln auf verschiedene Entfernungen von einander bringen kann, wenn man sie an einer von dem Ge-

lenke ausgehenden Handhabe hält. Eine kurze Spitze ragt von einer Kugel an der Seite hervor, welche an die andere Kugel stößt und diese Spitze gibt den Funken in kürzerer Entfernnng wenn sie positiv wie wenn sie negativ elektrisirt ist.

Siebentes Kapitel.

Entwicklung des Gesetzes der Induktion.

101. Wir haben jetzt die Folgerungen aus dem wichtigen Gesetze der Elektrizität zu behandeln, welches man das Gesetz der Induktion genannt hat. Thätige Elektrizität, die in irgend einem Stoffe enthalten ist, hat stets das Bestreben, den entgegengesetzten elektrischen Zustand in dem Körper hervorzurufen, welche in seiner Nähe sich befinden. Nun ist es unmöglich, wie wir schon gesehen haben, daß ein elektrischer Zustand in irgend einem Körper eingeführt werde, ohne daß zugleich der entgegengesetzte Zustand in demselben Körper oder in einem andern, ihn unmittelbar berührenden entsteht. Nach der einfacheren Theorie kann die Anhäufung der Elektrizität in irgend einem Theile auf keine andere Weise entstehen, als daß sie einem anderen Theile entzogen wird, so daß stets ein gleicher Grad negativer und positiver Elektrizität und umgekehrt in jedem Falle sich vorfindet. Nach der mehr verwickelten Theorie müssen wir, wenn wir die natürlichen einem Körper inwohnenden Elektrizitäten zersetzen, in demselben Augenblick einen gleichen Betrag der Glas- und Harzelektrizität erlangen. Wenn die dem Induktionseinfluß unterworfenen Körper Nichtleiter sind, so kann also die Neigung, die entgegengesetzte Elektrizität hervorzubringen, obgleich sie vorhanden ist, in Folge der Unbeweglichkeit der Flüssigkeit, keinen sichtbaren Wechsel erzeugen. Im Verhältniß wie der Körper dem Durchgang der Elektrizität weniger Widerstand entgegensetzt, wird die Wirkung der störenden Kraft merkbar; um nun unsere Vorstellungen festzustellen, nehmen wir zuerst den Fall eines positiv geladenen elektrischen Körpers, welcher durch Induktion auf einen isolirten, leitenden Körper einwirkt. Die überströmende Flüssigkeit in ersterem wird dahin streben, alle in dem letzteren vorhandene Flüssigkeit abzustoßen; ein Theil dieser Flüssigkeit wird deßhalb von der an dem ersten Körper liegenden Seite nach den entfernteren Enden getrieben werden. Die anstoßende Seite wird dadurch negativ, die andere

positiv. Dies jedoch wird nur in gewisser Ausdehnung geschehen; denn es findet sich eine Grenze, worin die Abstoßung der Flüssigkeit, welche am entfernteren Ende aufgehäuft ist, der Abstoßung der Flüssigkeit in dem elektrischen Körper das Gleichgewicht halten wird, zu welchem Umstand auch die Anziehung der ungesättigten Materie im näheren Ende hinzukömmt; und wenn diese Grenze erlangt worden ist, hört der Strom der elektrischen Flüssigkeit vom nahen zum entfernten Ende des Körpers auf und das Gleichgewicht wird wieder hergestellt.

102. Der Versuch zeigt die vollkommene Uebereinstimmung der Theorie mit der wirklichen Thatsache. Man stelle einen Metallcylinder N P (s. Figur 25) von einiger Länge mit gerundeten Enden und mit mehren Paaren aufgehängter Kugeln aus Holzmark, die als Elektroskope dienen, in die Nähe einer elektrisirten Glaskugel E, wobei man Sorge trägt, daß er sich nicht nahe genug befindet, um irgend einen Grad Elektrizität durch Uebertragung zu erhalten.



Fig. 25.

Man wird finden, daß jedes Paar Kugeln, mit Ausnahme derer, die auf einer besonderen Fläche M m gegen die Mitte des Cylinders liegen, sogleich auseinander gehen, und die elektrischen Zustände der Theile anzeigen, von denen sie hinabhängen. Die von beiden Enden des Körpers (n p) gehen am meisten auseinander; die Richtung auseinander mindert sich, je mehr wir der mittleren, zuvor erwähnten Fläche uns nähern, wo der Körper in natürlichem oder neutralem Zustand sich befindet. Die Lage dieser Fläche neutralen Zustandes M m wechselt, je nach der Entfernung des elektrischen Körpers und nach dem Verhältniß, worin diese Entfernung zur Länge des Körpers selbst steht. Untersuchen wir weiterhin die Arten der Elektrizität, welche den verschiedenen Theilen einwohnt, so finden wir, daß sie negativ in allen Theilen ist, die dem elektrischen Körper näher liegen, wie die neutrale Fläche und positiv in allen mehr entfernten. Wir können noch mit größerer Genauigkeit diese elektrischen Zustände durch die Anwendung der Probirfläche und des Elektrometers von Coulomb, wie durch Kugeln von Mark erkennen und das Resultat entspricht alsdann genau den Schlüssen aus der Theorie elektrischer Thätigkeit.

103. Man muß beachten, daß diese Wirkungen, einfach das Ergebniß der Thätigkeit der Elektrizität in einiger Entfernung sind, denn sie sind von keinem andern Umstand ab-

hängig. Sie finden in gleichem Grunde statt, welchen Stoff man auch zwischen die Körper einfügt, welche diese Thätigkeit auf einander üben, vorausgesetzt, der zwischenliegende Stoff erleidet keine Veränderung in seinem eigenen elektrischen Zustande, eine Bedingung, welche nur in elektrischen Körpern erfüllt wird. So findet die Induktion ebenso wirksam durch eine Glasplatte statt, als wäre keine solche Substanz dazwischen gewesen.

104. Nehmen wir jetzt an, der wirkende Körper E sei anstatt eines elektrischen, ein leitender Körper, z. B. eine mit positiver Elektrizität geladene Metallkugel. Die ursprünglichen Wirkungen dieser Kugel auf den Cylinder wird dieselbe sein, wie in dem früheren Falle, allein der elektrische Zustand, den die Kugel in den Cylinder eingeführt hat, wird auf seine eigene Elektrizität rückwirken. Die negative Elektrizität, d. h. der ungesättigte Stoff auf dem näheren Ende des Cylinders N, übt eine Bestrebung positive Elektrizität in der Kugel und hauptsächlich von der anstoßenden Seite F aufzunehmen, d. h. sie wird sich bestreben, durch Anziehung der Flüssigkeit, dieselbe zu dieser Seite hinzuziehen, und letztere noch stärker positiv machen, wie früher. Dies kann nur auf Kosten der andern Seite O geschehen, aus welcher die Flüssigkeit genommen werden muß, und welche deßhalb weniger geladen, d. h. weniger positiv wie früher wird. Diese neue Vertheilung der elektrischen Flüssigkeit in der Kugel aber, indem sie den positiven Zustand der Seite F dem Cylinder zunächst vermehrt, strebt zugleich dahin, ihren Induktionseinfluß auf die Flüssigkeit in dem Cylinder zu steigern, d. h. einen hinzugefügten Betrag Flüssigkeit vom negativen zum positiven Ende zu treiben. Hierauf folgt eine entsprechende Rückwirkung an der Kugel u. s. w. woraus eine Reihe kleinerer Berichtigungen entsteht, bis ein vollkommenes Gleichgewicht in jedem Theile verursacht ist. Ist dies erreicht worden, so werden die elektrischen Zustände von derselben Art sein, wie diejenigen, welche auf die unmittelbaren Wirkungen folgen, obgleich sie durch die Reihe der Rückwirkungen an Kraft etwas gesteigert worden sind. Folgender Versuch ist eine praktische Erläuterung der vorhergehenden Darlegung: man versehe eine Metallkugel mit Elektroskopen auf ihren entgegengesetzten Oberflächen; wann die Kugel isolirt und allein ist, so wird sich jede ihr mitgetheilte Elektrizität in gleicher Weise über die Oberfläche verbreiten und beide Elektroskope werden in gleicher Weise auseinander gehen; sobald wir sie aber in die Nähe eines leitenden Körpers bringen, beginnen die Kugeln des Elek-

troskopes an der von jedem Körper entferntesten Seite zusammenzufallen, während die an der nähern Seite in größerer Entfernung wie bisher auseinandergehen, und so die rückwärts gerichtete Wirkung der eingeführten Elektrizität des leitenden Körpers auf den Körper, von welchem die Induktion ausging, darthun.

105. Man muß sich erinnern, daß keine Uebertragung der Elektrizität von einem Körper zum andern bei allen den Veränderungen stattfand, die wir so als Wirkungen der Induktion nachgewiesen haben; dies war schon zur Genüge dadurch bewiesen, daß sie gleicher Weise stattfanden, wenn eine Glasscheibe dazwischen lag. Ein anderer Beweis wird dadurch geboten, daß die bloße Fortrückung der Körper auf einige Entfernung von einander schon genügend ist, einem jedem den ursprünglichen Zustand zurückzugeben. Die Kugel bleibt ebenso positiv geladen wie früher, der Cylinder kehrt in seinen früheren Zustand, vollkommener Neutralität zurück: nichts ist auf jeder Seite verloren oder gewonnen worden. Den Versuch mag man, so oft man will, wiederholen, ohne daß eine Veränderung in den Erscheinungen eintritt. Dies würde aber nicht der Fall gewesen sein, wenn der Cylinder in der Mitte getheilt oder wenn ein Theil oder zwei besonders entfernt worden wären, so lange sie noch unter den Einfluß der Kugel blieben. Da die Wiederkehr der elektrischen Flüssigkeit vom positiven zum negativen Ende so verhindert wurde, mußte jeder Theil nach der Trennung, die auf ihn eingeführte Elektrizität behalten. Der nähere Theil wird negativ, der entferntere positiv bleiben. Ist die Theilung in drei Theile geschehen, so wird nur der mittlere Theil neutral bleiben. Den Versuch kann man machen, indem man zwei oder mehr Leiter mit den Enden verbindet, wie in Figur 26 gezeigt ist, so daß sie alsdann als

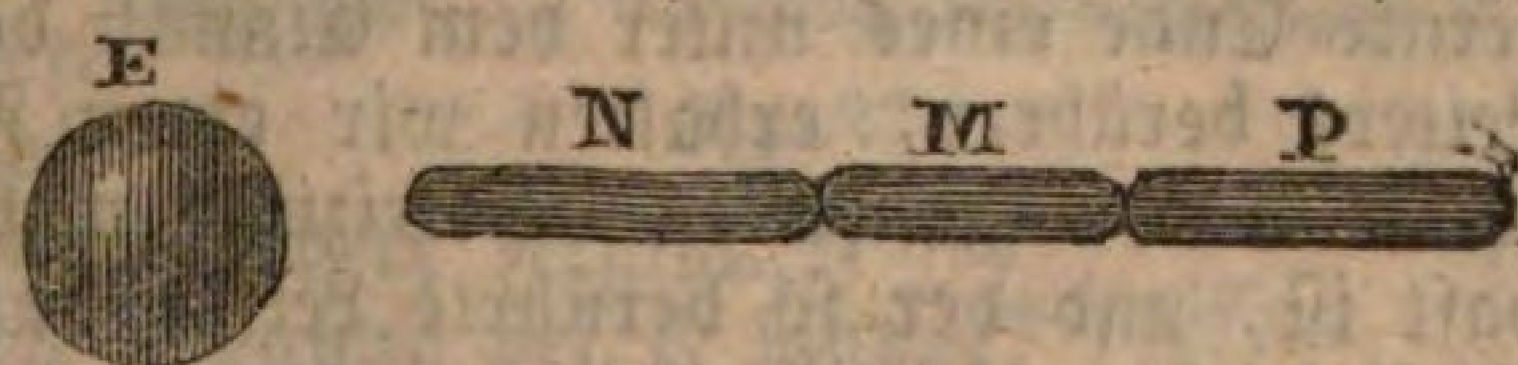


Fig. 26.

ein einziger Conduktor wirken, wenn sie sich in Nähe der elektrisirten Kugel befinden, und wenn man sie nach der so hervorgebrachten Induktion besonders trennt und ihre elektrischen Zustände untersucht. Ist E positiv, so ist N negativ, P positiv und M neutral.

106. Eine andere Veränderung der Wirkung ergibt sich, wenn ein isolirter Leiter, an beiden Enden durch Induktion elektrisch geworden, mit einem andern Leiter in Verbindung gebracht wird. Denken wir uns zuerst, daß ein langer metallischer Leiter in Berührung mit dem entfernten Ende des

ersten Cylinders P (Fig. 25.) gebracht wird, welcher positiv durch Induktion gemacht ist; die an diesem Ende angehäufte Flüssigkeit wird jetzt in den Leiter übergehen und sich auf den entferntesten Theil des Leiters begeben; der Uebergang wird jetzt vor der wirklichen Berührung stattfinden und wird sich durch die Erscheinung eines Funkens äußern, wenn die Körper sich auf Schlagweite genähert haben. Die Entfernung dieser Flüssigkeit auf eine größere Weite, wird eine Störung in dem Gleichgewicht verursachen, welches früher bestand. Die Abstoßung, welche diese Flüssigkeit erregt, und welche dazu beigetragen hatte, zu verhindern, daß mehr Flüssigkeit von dem negativen Ende N vorgetrieben wurde, ist jetzt durch die größere Entfernung, worin sie wirkt, beträchtlich geschwächt; mehr Flüssigkeit wird das negative Ende verlassen, welches folglich stärker negativ werden wird. Dieser Wechsel der Vertheilung, wird eine weitere Wirkung durch Rückwirkung auf die Flüssigkeit in der Kugel verursachen, woraus die Thätigkeit ursprünglich ausging, und es wird eine weitere Reihe von Veränderungen und Berichtigungen folgen, bis ein neuer Zustand des Gleichgewichtes hergestellt worden und die Flüssigkeit in Ruhe ist.

107. So erfahren wir, daß die Wirkungen der Induktion auf einem Leiter durch Vermehrung seiner Länge gesteigert werden; sie würde deßhalb am größten sein, wenn wir dem Leiter unendliche Länge ertheilen könnten; allein dasselbe ist erreichbar, wenn man den Conduktor in Verbindung mit der Erde setzt, welche alle Flüssigkeit abführen wird, die der elektrische Körper vom nächsten Ende austreiben kann. Somit, wenn wir mit dem Finger oder mit einer Metallstange, die wir in der Hand halten, das entfernte Ende eines unter dem Einfluß der Induktion isolirten Leiters berühren, erhalten wir einen Funken, der nach der Kraft der eingeführten Elektrizität mehr oder weniger lebhaft ist, und der so berührte Leiter hat jetzt nur eine Art Elektrizität, nämlich diejenige, welche der Elektrizität des auf ihn einwirkenden Körpers entgegengesetzt ist. Der berührte Theil gelangt in einen Zustand, worin er neutral zu sein scheint, so lange er sich in der Nähe des elektrisirten Körpers befindet, weil die Wirkung der überströmenden Flüssigkeit und der ungesättigten Materie in den beiden Körpern sich genau das Gleichgewicht halten. Er enthält aber die ganze Zeit hindurch in Wirklichkeit weniger Flüssigkeit wie sein natürlicher Theil ist, in Folge der Neigung zur Abstoßung der Flüssigkeit in dem Körper, welcher die Induktion erzeugt, und sein negativer Zustand wird leicht wieder thätig, wenn der Leiter, der

berührt worden ist, wieder isolirt und alsdann von dem Einfluß des ersteren entfernt worden ist. Dieser eigenthümliche Zustand des Körpers, worin seine Theile in Wirklichkeit mit der Flüssigkeit zu wenig geladen oder überladen sind, obgleich ein Zustand des Gleichgewichts durch die Wirkung elektrischer Kräfte aus Körpern in der Nähe entsteht und keine sichtbare Wirkungen sich zeigen, ist von Biot verborgene Elektriziät genannt worden (Electricité déguisée).

108. Es ist ferner bemerkenswerth, daß man dieselbe Wirkung erkennen wird, wenn die Verbindung zwischen dem isolirten Conduktor oder einem andern längern Leiter, oder die Erde selbst, an beiden Enden des ersten geschieht, und daß die elektrische Flüssigkeit, an dem entferntesten Ende aufgehäuft, von dem längeren Leiter weggeführt werden wird, obgleich sie in einem Fall durch das Ende, welches dem abstoßenden Körper am nächsten ist, herumgehen muß. Das Verfahren, welches hiebei stattfindet, läßt sich durch die Bewegung einer Flüssigkeit in einem Heber erläutern. Eine zurückstoßende Kraft wirkt auf die Flüssigkeit in der kürzern wie in der längeren Säule; in Bezug jedoch auf die Bewegung der Flüssigkeit in dem gebogenen Kanale, steht die eine Kraft im Gegensatz zur andern, und die Neigung der in der längeren Säule befindlichen Flüssigkeit, welche über die der kürzeren das Uebergewicht hat, wird die letztere um die Biegung des angeblichen Hebers herum herausziehen. So wird in dem gebogenen Conduktor ANP (Fig. 27), die von der Flüssigkeit in E auf die der längeren Säule NP geäußerte Abstoßung größer sein, wie ihre Abstoßung auf die kürzere Säule NA; so wird die



Fig. 27.

Flüssigkeit in A, ungeachtet ihrer Neigung, sich von N nach A zu bewegen, über die Biegung bei E hinüber müssen.

109. Wir haben bisher den wirkenden Körper als positiv elektrisch ausgedacht; dieselben Wirkungen würden sich in Bezug auf den Grad, obgleich entgegengesetzt in der Art der Elektrizität zeigen, wäre der Körper negativ elektrisirt. Dieselben Erklärungen lassen sich in jeder Hinsicht anwenden, wenn man statt der Ausdrücke positiv negativ, und Anziehung statt Abstoßung und umgekehrt setzt. Einiges Nachdenken wird auch leicht die Anwendung der Theorie der doppelten Elektrizität auf dieselben Erscheinungen erweisen.

110. Eine andere Folge der Induktion der Elektrizität ist nicht zu übersehen, nämlich daß die Körper, zwischen

denen sie stattfindet, sich nothwendig einander anziehen, denn die Wirkung der nahe liegenden Seiten F und N (Fig. 25), welche in entgegengesetzte elektrische Zustände gebracht sind, ist größer wie die Wirkung derjenigen Seiten, welche in denselben elektrischen Zuständen sich befinden (F und P), und welche mehr von einander entfernt sind; daher übersteigt die Anziehungskraft immer mehr die Abstoßungskraft. Wir haben schon gesehen, daß diese Umstände zur Genüge die Thatsache erklären, daß leitende, vorher neutrale Körper durch elektrisirte angezogen werden. Eine andere Thatsache, welche auffallender erscheint und die nicht durch einen andern Grundsatz erklärt werden kann, ist ebenfalls eine direkte Folge des Induktionsgesetzes. Wenn ein kleiner schwach elektrisirter Körper in einiger Entfernung von einem andern größern, mit derselben Art Elektrizität stark geladenen Körper aufgestellt wird, so wird er wie gewöhnlich abgestoßen; es findet sich aber eine gewisse Entfernung, worin Anziehung statt der Abstoßung stattfindet, wenn man ihn hinein bringt. Dies ereignet sich in Folge des Induktionseinflusses, der eine so große Veränderung in der Ertheilung der Elektrizität erzeugt, daß er ein Uebergewicht den Anziehungskräften der anstoßenden Theile beider Körper über die Abstoßungskräfte in den anderen Theilen ertheilt, welche allein gewirkt haben würden, wäre die Flüssigkeit unbeweglich gewesen.

111. Aus diesen dargelegten Grundsätzen kann man leicht begreifen, wie die Induktion durch eine Aufeinanderfolge von Leitern wirken würde, die mit Ausnahme der letzten sämmtlich isolirt und von einander auf größere Entfernung getrennt würden, wie diejenige, worin eine Uebertragung der Elektrizität stattfinden könnte. Wenn unter solchen Umständen der erste elektrisirt ist, so entstehen abwechselnde Zustände entgegengesetzter Elektrizitäten in den zwei Enden jeden Leiters in Aufeinanderfolge. In allen Enden, welche dem ersten Körper zunächst liegen, wird die Elektrizität eine derjenigen entgegengesetzte sein, womit der erste beladen war; in den andern Enden wird sie von derselben Art wie die des ersten Körpers sein. Die Nähe dieser entgegengesetzten Elektrizitäten wird stark dahin streben, sie in diesem Zustande zu erhalten, und wird ihre elektrische Wirkung auf die umgebenden Körper vermindern. Ein großer Theil der so angeordneten und beibehaltenen Elektrizität befindet sich deßhalb in dem Zustande, der mit dem Ausdruck verborgener Elektrizität von Biot bezeichnet worden ist.

112. Im Verhältniß wie die Unterbrechung in der Aufeinanderfolge der Linie der Leiter zahlreicher ist, desto näher

wird ein solches System dem Zustand eines unvollkommen leitenden Körpers kommen. Derselbe Grundsatz läßt sich mit einigen Veränderungen auf die Beschaffenheit elektrischer Körper selbst anwenden, wie wir in der Folge darzulegen Gelegenheit haben werden.

Achtes Kapitel.

Aufhäufung der Elektrizität durch Induktion.

113. Die wichtigste Anwendung des Grundsatzes der Induktion besteht darin, daß man durch sie eine ungemeine Anhäufung von Elektrizität in einem kleinen Raume erlangen kann, während ihre Stärke oder Neigung zum Entweichen zugleich sehr klein geworden ist. Dieser Zustand entspricht genau demjenigen, den Biot verborgene Elektrizität genannt hat.

114. Man stelle zwei kreisrunde Metallplatten P und N (Fig. 28) die eine unmittelbar über die andere, jedoch so, daß ein nichtleitendes Mittel, z. B. die Luft, sie trennt, oder noch besser, daß eine Glasplatte dazwischen liegt; die obere P stehe durch einen Draht M mit dem Hauptconduktor einer Elektrisirmaschine in Verbindung und die untere N sei isolirt, indem sie auf drei gläsernen Füßen ruht. P werde mit einem zweiten Grad elektrischer Flüssigkeit geladen. Die in N natürlich enthaltene Flüssigkeit wird durch die Flüssigkeit in P



Fig. 28.

abgestoßen werden und die obere Oberfläche in N verlassen, um die untere einzunehmen. Hat diese Veränderung stattgehabt, so berühre man N mit dem Draht W, welcher eine Verbindung zwischen ihm und dem Boden herstellt. Alle Flüssigkeit, die sich an der untern Oberfläche von N aufgesammelt hatte, wird von dem Drahte fortgeführt und die ganze Platte wird so negativ, oder mit Flüssigkeit ungesättigt werden; die in N überwiegende Materie wird durch Anziehung der Flüssigkeit mehr in die obere Platte herbeiziehen, welche von dem Conduktor der Maschine durch den Draht M damit versehen wird; eine solche Masse wird sich in P aufhäufen, daß sie der gesteigerten Anziehung der Materie in N das Gleichgewicht hält und ihm dieselbe Stärke, wie sie die Flüssigkeit im Hauptconduktor besitzt, bewahrt. Daß dies

wirklich der Fall ist, ergibt sich als offenbar, wenn man ein Elektroskop auf den Hauptleiter stellt; im Augenblick nämlich wo N mit dem Boden in Berührung geräth, fallen die Kugeln des Elektroskops zusammen und zeigen so, daß die Kräftigkeit der Flüssigkeit im Hauptconduktor durch die große Masse vermindert worden ist, welche durch die Platte P aufgenommen wurde. Die Maschine muß jetzt wieder in Bewegung gesetzt werden, um den Vorrath an Elektrizität zu ersetzen, der aus dem Leiter genommen worden ist. Das Verfahren jeder Platte auf die andere läßt sich als dasjenige betrachten, welches ihre Elektrizitätseigenschaft vermehrt oder einen großen Theil ihrer Elektrizität zu einer verborgenen macht.

115. Es ist klar, daß der Betrag elektrischer Flüssigkeit, welcher aus der untern Platte durch die Wirkung der Flüssigkeit in der obern heraus getrieben wird, niemals dem der Flüssigkeit gleich sein kann, womit die obere beladen worden ist, und der Unterschied wird im Verhältniß der Entfernung der Platten größer sein. Wenn sie einander sehr nahe sind, so werden die beiden Betrage sich sehr nähern, so daß sie beinahe gleich werden und dieser Umstand verleitete Franklin zu der irrigen Meinung, daß sie wirklich gleich seien.

116. Die Fähigkeit, eine Elektrizität anzuhäufen, welcher einer gegebenen Kräftigkeit in der oberen Platte entspricht, hängt von der Entfernung der Platten ab, vorausgesetzt, daß der zwischenliegende elektrische Körper ein genügendes Hinderniß für die unmittelbare Uebertragung der Elektrizität von der einen zur andern darbietet und in einem umgekehrten Verhältniß zu dieser Entfernung steht. Die untere Platte N, welche mit dem Boden durch den Draht W in Berührung steht, wird, obgleich sie stark negativ ist, durch die Nähe der Flüssigkeit in der obern Platte P neutral in Bezug auf die Flüssigkeit im Draht W, d. h. die Anziehung ihrer ungesättigten Materie wird, obgleich sie näher liegt, durch die Abstoßung der überflüssigen Flüssigkeit in der oberen Platte genau im Gleichgewicht gehalten, welche, obgleich bei weitem stärker, wegen der größeren Entfernung, worauf sie wirkt, der ersteren nur gleich ist. In Bezug auf die Flüssigkeit im Draht M jedoch, ist die Wirkung der überflüssigen Flüssigkeit in P nicht durch diejenige der ungesättigten Materie in N, welche letztere an sich schwächer und entfernter ist, im Gleichgewicht gehalten. So ist P, während N in Bezug auf die Leiter, die es berühren neutral bleibt, in Folge dieses kleinen Ueberwiegens der Kraft in einem geringen Grade thätig und ein Theil seiner Flüssigkeit sucht zu entweichen. Wenn man N wieder isolirt, indem man den Draht W weg-

nimmt, und wenn man den Draht M jetzt mit dem Boden in Berührung setzt, wird dieser Theil der Flüssigkeit in P dadurch entweichen, jedoch kein größerer Betrag wird davon abgehen; der übrigbleibende Theil wird durch die Anziehung der ungesättigten Materie in M zurückgehalten. P wird durch diesen Verlust neutral wie N früher war und wirkt nicht mehr auf die Flüssigkeit jenseits P in M. Der Einfluß von P auf diese Flüssigkeit ist größer wie der von N, wegen der größeren Nähe, aber weniger in Bezug auf die Stärke der Thätigkeit und die Ausgleichung ist genau. Unter diesen Umständen wird aber N, welches früher neutral war, seinerseits thätig und wird jetzt, da die Abstoßung der Flüssigkeit in P sich mindert, einen gewissen Betrag der Flüssigkeit aufsaugen, sobald es von W berührt wird, nachdem P wieder isolirt worden ist. Durch diese Berührung wird N wieder in neutralen Stand gesetzt; ein weiterer Theil der Flüssigkeit in P ist durch die Anziehung von N entwichen und P wird wieder thätig. Wenn wir nun diese abwechselnden Berührungen mehre Mal wiederholen, benehmen wir den Platten allmählig ihre ganze Elektrizitätsladung, indem wir abwechselnd kleine Theile der negativen Platte ertheilen und die gleichen Theile den positiven nehmen, bis sie beide in ihren natürlichen unelektrischen Zustand zurückgekehrt sind. Laplace hat durch Berechnungen gefunden, daß die so nacheinander hinzugefügten und genommenen Quantitäten Flüssigkeit in geometrischem Verhältniß stehen.

117. Die passendste Weise aufgehäufte Elektrizität, die durch Induktion entsteht, sich zu verschaffen, besteht darin, daß man eine Glasplatte anwendet, an deren jeder Seite ein Ueberzug von Zinnfolie angebracht ist (belegtes Glas); man muß Sorge tragen, daß man einen genügenden Rand am Glas von dem Metall unbedeckt läßt, um die Uebertragung der Elektrizität von einem Ueberzug zum andern um den Rand des Glases zu verhindern; alle scharfen Ecken oder zerrissene Ränder des Ueberzuges müssen vermieden werden, da diese eine starke Neigung haben, die Ladung zu zerstreuen.

118. Folgender Versuch von Richman (dem Naturforscher, welcher als ein Opfer seines Eifers für Erforschung der Elektrizität fiel, indem ihn ein Blitzstrahl aus seiner Vorrichtung traf) ist sehr belehrend. Man hefte eine Glasscheibe scheitelrecht, wie sie Figur 29 vom Rande aus zeigt, überziehe diese an beiden Seiten und versehe sie mit zwei kleinen Elektroskopen p n, die aus zwei Markkugeln bestehen, wovon jede an den Ueberzug geheftet ist. Der Ueberzug P

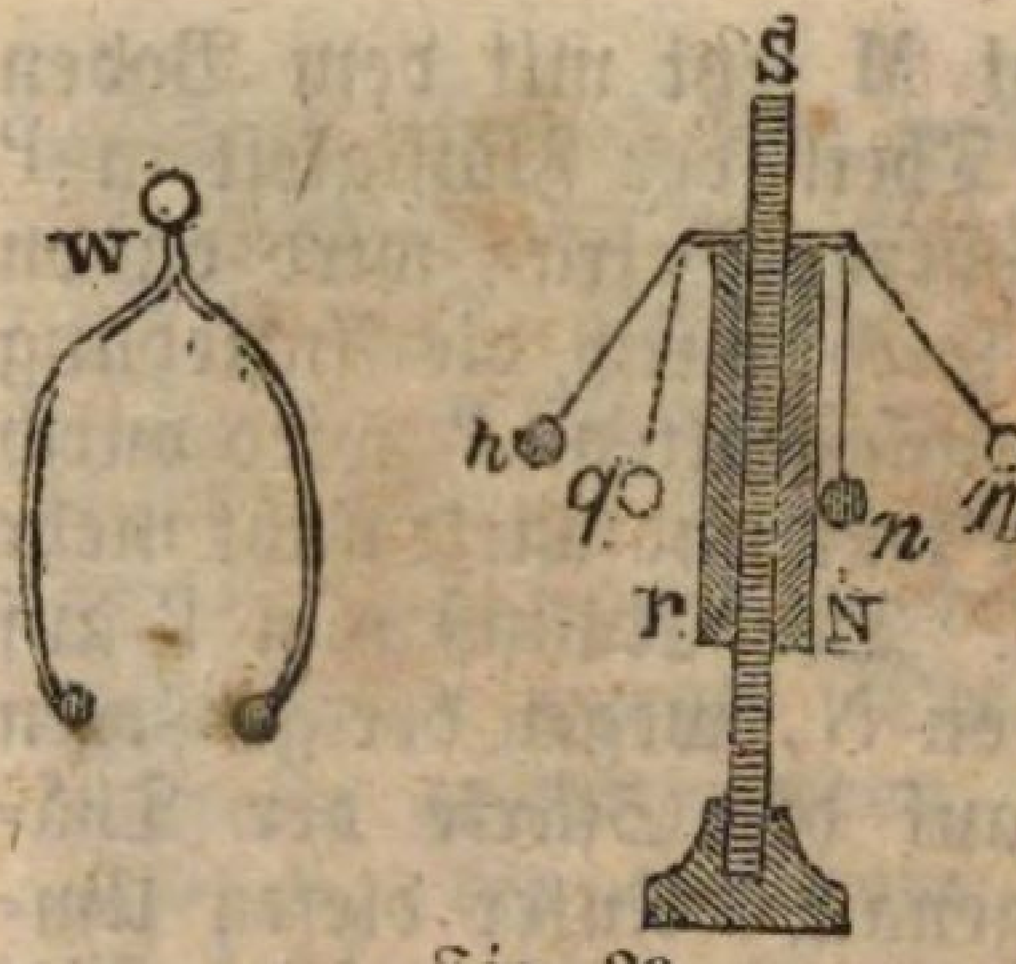


Fig. 29.

werde positiv beladen, während der Ueberzug N mit dem Boden in Verbindung steht. Das Elektroskop p wird von der Platte aus sich nach außen richten und n wird dicht an dem Ueberzuge herabhängen, so lange N mit dem Boden in Verbindung steht. Im Verhältniß aber, wie P Elektrizität durch allmählige Zerstreuung in der Luft verliert, wird die Kugel p allmählig aber langsam hinabsteigen. Isoliren wir N, so wird p zuerst sehr schnell und alsdann langsam herunterfallen, bis es auf q, ungefähr seine halbe Höhe, gelangt. Die Kugel n wird zugleich sich beinahe zur selben Höhe erheben, wobei der Winkel zwischen beiden Elektroskopen beinahe derselbe wie zuerst bleibt. Hat n aufgehört, sich zu erheben, so steigen beide Kugeln sehr langsam abwärts, bis die Ladung durch Zerstreuung verloren geht. Berühren wir N während der Absteigung, so fällt n sogleich herunter und p wird sich plötzlich beinahe eben so sehr erheben, wobei der Winkel zwischen den Elektroskopen derselbe bleibt. Entfernt man den Finger von N, so wird p fallen und n steigen, bis sie beinahe ihren früheren Platz erreicht haben, und die langsame Absteigung beider wird wieder beginnen. Dasselbe geschieht, berühren wir P; p wird bis dicht an die Platte fallen, und n wird sich bis zu m erheben u. s. w., und diese abwechselnde Berührung der Ueberzüge läßt sich einige Hundertmal wiederholen, bevor die Platte gänzlich entladen ist. Hängen wir einen gekrümmten Eisendraht, der wie in W gebogen ist, mit zwei Kugeln von Holzmark an einem isolirten Punkte s über die Platten auf, so wird er sich mit sehr großer Geschwindigkeit schwingen, wobei die Kugeln abwechselnd den Ueberzug berühren und so das Gleichgewicht allmählig wieder herstellen; jede Berührung ist von einem Funken begleitet.

119. Wird anstatt dieser allmähligen Entladung eine direkte Verbindung zwischen diesen beiden Ueberzügen durch einen Metalldraht hergestellt, der sich von einem zum andern ausdehnt, so stürzt die ganze in dem positivem Ueberzug angehäufte elektrische Flüssigkeit mit plötzlichem und heftigem Andrang diesen Conduktor entlang, geht in den negativen Ueberzug über und stellt so auf einmal ein vollkommenes Gleichgewicht wieder her, wobei sie jeden Theil beinahe, obgleich nicht vollkommen neutral macht; da nämlich immer ein leichter Unterschied im Betrage der elektrischen Ladung der

beiden Uebergänge stattfinden muß, wo der eine in Verbindung mit dem Boden steht, so findet sich auch immer ein größerer Ueberschuß von Elektrizität, wie klein er auch sein mag, nachdem man die Waage angebracht hat.

120. Diese plötzliche Uebertragung einer großen Masse angehäufter Elektrizität ist eine wirkliche Explosion; sie erzeugt einen lebhaften Lichtblitz, welcher an Kraft der Größe der Ladung entspricht. Die Wirkung ihrer Uebersendung ist weit größer, wie die einer einzelnen Ladung des Hauptconduktors einer Maschine; während nämlich die letztere nur einen Funken gibt, ertheilt die erstere einen sogenannten elektrischen Schlag und das dadurch erzeugte Gefühl, wenn es durch einen Theil des Körpers hindurch geht, ist von eigenthümlicher Art. Wir werden die Wirkungen in einem folgenden Kapitel beschreiben; wir beschränken unsere Aufmerksamkeit allein auf den rein elektrischen Zustand der Erscheinung.

121. Die Gegenwart des Ueberzuges ist für die Ladung und Entladung der zwei Oberflächen der Glasplatte nicht wesentlich nothwendig. Ist nämlich das Glas mit beweglichen Ueberzügen versehen, und wird es in der gewöhnlichen Weise geladen, so wird man bei Entfernung der Ueberzüge, wobei man Sorge tragen muß, daß man sie nur mit elektrischen Körpern berührt, den größeren Theil der Elektrizität an die Oberfläche der Glasplatten geheftet finden, wo sie durch ihren gegenseitigen Induktionseinfluß gehalten werden. In diesem Zustand läßt sich die geladene Glasplatte allmählig entladen, indem man eine Verbindung zwischen mehreren Theilen hintereinander herstellt. Sie kann nicht auf einmal entladen werden, weil ein gemeinschaftliches Mittel für die gleichzeitige Uebertragung der Elektrizität der verschiedenen Theile der Oberfläche fehlt. Wird dies aber dadurch geliefert, daß man die früheren Ueberzüge wieder hinsetzt, oder neuere hinzuthut, so wird eine ebenso vollständige Ladung bewirkt wie zuvor.

122. Durch besondere Vorrichtung kann man eine Glasplatte unabhängig von irgend einem Ueberzuge eine Ladung ertheilen. Zu dem Zweck muß man sie an einer Ecke halten, und sie bei einer Kugel vorüberziehen, welche mit dem Hauptconduktor einer Maschine verbunden ist, so daß dieselbe nacheinander mit jedem Theil in der Mitte der Glasplatte in Berührung kommt, während der Finger oder ein anderer leitender Körper, der mit dem Boden in Verbindung steht, an der andern Seite dagegen gehalten wird. So wird das Glas geladen werden und in denselben Zustand gelangen, wie das Glas, wovon man die Ueberzüge genommen hatte.

123. Wir finden oft eine kurze Zeit nach Entladung des überzogenen Glases, daß es freiwillig eine kleine Ladung erlangt hat, die einen schwachen Funken hervorbringt, wenn eine zweite Mittheilung zwischen den Ueberzügen durch den entladenden Draht gemacht wird. Diese Ladung, welche man die rückständige (zurückbleibende) nennt, entsteht aus zwei Ursachen: 1) hängt ein Theil der Elektrizität an der Oberfläche des Glases; 2) ist ein anderer Theil aus dem Ueberzug in eine geringe Tiefe unter die Oberfläche gedrungen. Beide Theile kehren langsam nach den Ueberzügen zurück, nachdem dieselben ihre ursprüngliche Ladung verloren haben und ertheilen ihnen eine neue. Wenn eine sehr große Ausdehnung überzogenen Glases angewandt wird, so kann diese zurückbleibende Ladung zu einem starken Betrage steigen und Derjenige, welcher Versuche macht, muß mit Vorsicht darauf achten, daß er sich dem Stoß, den er so erhalten könnte, nicht aussetzt, wenn er unversehens die Vorrichtung berührt, bevor dieselbe gehörig entladen ist. Der Umstand, daß Ladungen sogar durch die ganze Dicke des Glases hindurch können, wird durch die merkwürdige Thatsache bewiesen, daß ein überzogenes cylindrisches Gefäß bloß dadurch entladen werden kann, daß es eine genügende Zeitlang eine Fortsetzung kleiner Schwingungen erhält, welche durch Reibung mit dem Finger oder dadurch, daß man es klingen läßt, bewirkt werden. Eine Entladung läßt sich auch dadurch bewirken, daß man das Glas erhitzt, wodurch es zu einem Elektrizitätsleiter wird.

124. Die passenste Form für überzogenes Glas ist die eines Cylinders oder einer Flasche. Im Beginn der elektrischen Untersuchung wurden die Flaschen mit Wasser, Quecksilber oder Eisenspänen gefüllt, welche den inneren Ueberzug gaben, während der äußere Ueberzug entweder durch Wasser, worin man das Gefäß tauchte, oder durch die Hand dessen, der die Versuche anstellte, geboten ward, der zu dem Zweck die Außenseite des Gefäßes umfaßte; eine Metallstange oder Draht wird gebraucht, um die Ladung vom Hauptconduktor der Maschine auf den inneren Ueberzug zu übertragen; indem man eine Mittheilung zwischen den äußeren und inneren Ueberzügen vermittelst eines verbindenden Leiters machte, fand die Entladung statt, und der Schlag ging durch diesen Leiter. Dies Instrument, welches hauptsächlich durch die Versuche von Kleist, Cuneus und Muschenbroek zu Leyden bekannt geworden ist, erhielt den Namen Leydener Flasche. Sie wird gegenwärtig so verfertigt, wie Figur 30 es darstellt, indem man Ueberzüge oder Zinnplatten (Blattzinn



Fig. 30.

oder Staniol) auf beiden Seiten der Flasche anbringt, und oben einen genügenden Raum unbedeckt läßt, um sie vor einer freiwilligen Entladung zu sichern, die stattfinden könnte, wenn die Ueberzüge nicht durch einen genügenden Zwischenraum getrennt wären. Eine Metallstange die zwei oder drei Zoll über die Flasche sich erhebt, und oben mit einer Messingkugel (Knopf) endet, wird durch den Deckel heruntergelassen, bis sie den inneren Ueberzug berührt; durch diese Stange wird die Elektrizitätsladung auf den inneren Ueberzug (Beleg) übertragen, während der äußere Ueberzug mit dem Boden in Verbindung gesetzt wird. Wir haben schon gesehen, daß der innere Ueberzug, wenn diese letzte Vorsicht nicht beobachtet wird, keine Ladung erhält, und daß nur ein kleiner Funke von dem Leiter zu der Kugel oben auf der Stange oder zu dem Knopf übergeht.

125. Den äußeren Ueberzug kann man in Verbindung mit dem Boden setzen, wenn man ihn in der Hand hält; nähert man die Kugel auf der Stange der Flasche dem Hauptconduktor, wenn die Maschine in Bewegung ist, so geht zwischen ihnen eine Aufeinanderfolge von Funken hin, während zugleich beinahe ein gleicher Betrag von Elektrizität von dem äußeren Ueberzug heraus, durch den Körper der haltenden Person in den Boden geht. Wird die Flasche statt dessen auf ein isolirtes Gestell gesetzt, und wird eine Metallkugel oder der Knöchel eines Fingers noch an die Außenseite gehalten, so ergibt sich das Entweichen der Elektrizität von letzterer durch eine Aufeinanderfolge von Funken, die gleichzeitig mit denen sind, welche zwischen dem Hauptconduktor und der Kugel oben auf der Stange der Flasche vorkommen.

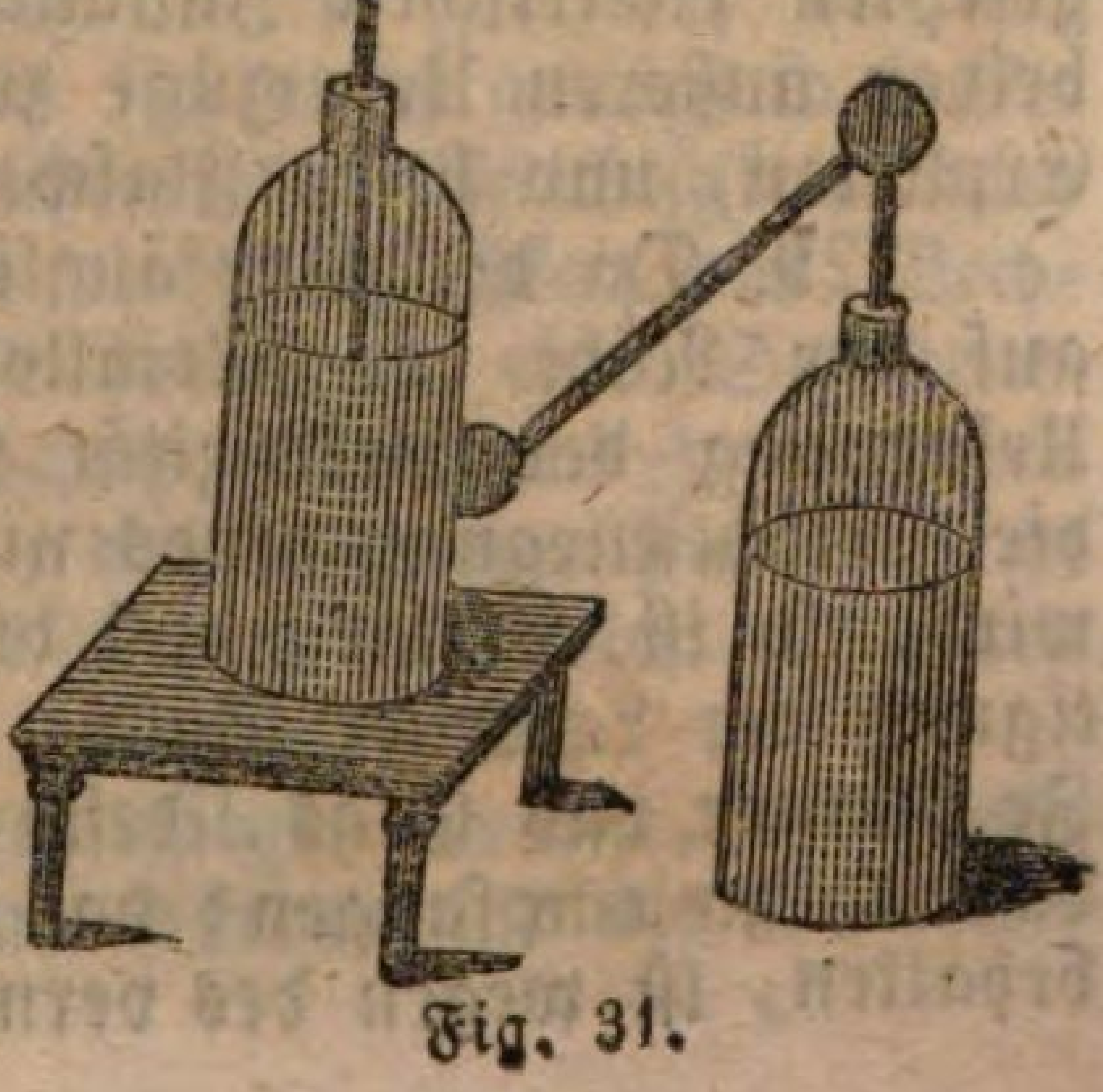


Fig. 31.

126. Wenn man, anstatt den äußern Ueberzug einer Flasche, die auf einem Isolirstuhl steht, zu berühren, dieselbe in Berührung mit dem Knopf einer zweiten Flasche setzt, deren äußerer Ueberzug mit dem Boden in Verbindung steht, wie Figur 31 zeigt, so geht die aus dem äußeren Ueberzug der ersten Flasche ausgetriebene Elektrizität in den inneren Ueberzug der zweiten über und so werden beide geladen. Auf diese Weise

kann man einer Reihe von Flaschen Ladungen ertheilen, die so stehen, daß der innere Ueberzug einer jeden mit den äußeren der vorhergehenden in der Reihe in Verbindung steht, wobei man Sorge trägt, daß der äußere Ueberzug der letzten Flasche eine Berührung mit dem Boden hat. Alle Flaschen werden in ähnlicher Weise geladen befunden werden. Es ist jedoch offenbar, daß die Ladung an Kraft sich mindert, so wie sie von einer Flasche zur nächsten gelangt, weil die Masse der Elektrizität, welche von dem Aeußeren ausgetrieben wird, niemals derjenigen ganz gleich ist, die in das Innere übergeht.

127. Der größeren Deutlichkeit halber haben wir angenommen, das Innere der Flasche sei mit positiver Elektrizität geladen, indeß ganz dasselbe wird stattfinden, wenn man die Kugel oder den Knopf oben auf der Stange der Flasche negativ durch eine Verbindung mit dem negativen Leiter ladet. Ein ähnlicher Wechsel im elektrischen Zustand der Ueberzüge wird sich dadurch ergeben, daß man die Flasche auf ein isolirtes Gestell (Isolirstuhl) setzt und alsdann eine Verbindung zwischen dem äußeren Ueberzug und dem Hauptconduktor herstellt, während der Knopf mit dem Boden in Verbindung gesetzt wird; der einzige Unterschied besteht nur darin, daß der äußere Ueberzug alsdann thätig und der innere neutral sein wird, allein diese Zustände werden wieder umgekehrt werden, sobald die Kugel außer Verbindung mit dem Boden gesetzt und der äußere Ueberzug mit der Hand berührt wird.

128. Werden zwei Flaschen, die eine positiv, die andere negativ geladen und auf zwei besondere isolirende Gestelle (Isolirstühle) gesetzt, und werden die Knöpfe auf ihren Stangen alsdann durch einen selbst isolirten Leiter in Verbindung gebracht, so ergibt sich keine Explosion, obgleich die beiden so in Verbindung gesetzten Ueberzüge sich in entgegengesetzten elektrischen Zuständen befinden. Werden aber die beiden äußeren Ueberzüge zugleich verbunden, so erfolgt die Explosion, und beide Flaschen werden entladen.

129. Da die Empfänglichkeit, eine Ladung zu erhalten, auf der Nähe der Metalloberflächen beruht, während der Uebergang der Elektrizität von der einen zur andern durch die Zwischenliegung eines nichtleitenden Stoffes unterbrochen wird, so ist es klar, daß die Dicke des Glases bei Verfertigung der Leydener Flasche ein höchst wichtiger Umstand ist. Je dünner das Glas, desto größer ist das Vermögen, eine Ladung zu empfangen; das Vermögen aber, die Ladung zu behalten, ist wegen des verminderten Widerstandes, den das

Glas dem Durchgang der Elektrizität gewährt, dafür um so geringer. Ist die Ladung höher wie sie die Flasche ertragen kann, so wird das Glas durch die Heftigkeit zerbrochen, womit die Elektrizität sich einen Durchgang durch den Stoff erzwingt. Schminkstein, sogar in sehr dünnen Blättchen, widersteht weit besser wie Glas und kann eine weit höhere Ladung behalten. Eine andere Grenze für die Ladung, welche eine Flasche zu behalten vermag, entsteht aus der Geneigtheit der Elektrizität von einem Ueberzug zum andern, um die Ränder des Glases, überzugehen.

130. Diese Selbstentladungen, wie man sie nennt, werden durch Ablagerungen von Feuchtigkeit auf dem Glase erleichtert, welche eine Kette leitender Theilchen in derselben Linie bilden, zu deren Richtung die Elektrizität eine starke Neigung hat. Daher muß man die Vorrichtung so trocken wie möglich halten, und man kann sich gegen die Ablagerung der Feuchtigkeit am wirksamsten schützen, indem man den nicht überzogenen Theil des Glases mit einer Schichte von Siegellack oder anderem harzigen Firniß überzieht. Die Flüssigkeit ist mit einem platten Pinsel aus Kameelhaaren aufzutragen, nachdem man das Glas vorher gewärmt hat. Andererseits ist es ein merkwürdiger Umstand, daß ein gewisser Grad von Feuchtigkeit im Innern der Flasche nicht allein mit einer hohen Ladung verträglich ist, sondern auch dahin wirkt, dieselbe beizubehalten. Diese Wirkung wurde zufällig von Brooke und nachher von Cuthbertson beobachtet, welcher angibt, daß eine Flasche eine weit größere Ladung aufnimmt, nämlich ein Drittel mehr, wenn die Innenseite beträchtlich feucht gemacht ist, nachdem man mit einer Röhre, die auf den Boden reicht, mit dem Munde hineingeblasen hat. Die Erklärung dieser merkwürdigen Thatsache ist von Robison nach den früher erläuterten Grundsätzen erklärt worden, nämlich, es sei keine elektrische Stärke so groß, daß sie sich nicht durch den am wenigsten vollkommenen Leiter isoliren lasse, vorausgesetzt, letzterer sei lang genug und so gebildet, daß die Stärke der enthaltenen Elektrizität sich durch genügend sanfte Abstufungen mindert. Eine gleichförmige Feuchtigkeit wird dies nicht ausführen, wird aber die Plötzlichkeit des Wechsels der Stärke vermindern und so gegen eine Selbstentladung schützen. Ein ähnlicher Schutz gegen das Zerspringen des Glases wird dadurch geboten, daß man eine Papierschicht zwischen Glas und Zinnfolie legt und dieselbe sich auf einen Zoll über den Ueberzug hinaus ausdehnen läßt.

131. Glasballons von kugelförmiger Gestalt, in mehr gleichförmiger Dicke wie Flaschen, würden für die Verferti-

gung einer Vorrichtung dieser Art weit zweckmäßiger sein, wäre es möglich, den Ueberzug auf der Innenseite gleichförmig aufzutragen. Robison empfiehlt folgende Verfertigung einer tragbaren Flasche, die er für außerordentlich zweckmäßig erkannte: Man machte eine Flasche mit langem Hals von Zinnblättchen, die alsdann gänzlich an der Außenseite mit Siegellack bis auf 1/31 Zoll Dicke überzogen wurde. Das Siegellack wurde alsdann mit Zinnfolie, mit Ausnahme des Halses, überzogen. Es ist klar, daß das Siegellack hier die Stelle des Glases bei der gewöhnlichen Flasche vertritt, indem die Zinnplatte dem inneren Ueberzug, und der Draht und die Zinnfolie dem äußeren Ueberzug entspricht. Die Zerstreuung ist beinahe nichtig, wenn der Hals sehr klein ist, und nur einige Vorsicht wird erfordert, um zu verhüten, daß sie bei zu hoher Ladung zerplatzt. Auch dies kann verhindert werden, wenn man das Siegellack so nahe am Ende des Halses überzieht, daß eine Selbstentladung stattfinden muß, bevor die Anhäufung zu groß ist. Abwechselnde Lagen von Zinnfolie und hartem Firniß bilden ebenfalls eine zusammengedrängte Batterie. Dieser Stoff erlaubt eine ungemeine Anhäufung, ohne lebhafte Elektrizität zu zeigen; man muß hiebei jedoch mehr vorsichtig sein, damit das Ganze nicht durch eine Selbstentladung verdorben wird, denn alsdann kann man nicht entdecken, wo der Riß geschehen ist, und das Ganze wird nutzlos.

132. Durch Verbindung einer genügenden Zahl Flaschen können wir einen ungeheuren Betrag Elektrizität anhäufen; zu dem Zweck muß man alle inneren Ueberzüge der Flaschen durch Metallstangen in Verbindung setzen und eine ähnliche Vereinigung unter den äußern Ueberzügen herstellen. Nach dieser Anordnung kann man die ganze Reihe laden, als bestehe sie nur aus einer Flasche, und die ganze angehäufte Elektrizität läßt sich von einem System Ueberzüge zum andern durch eine allgemeine gleichzeitige Entladung ausführen. Eine solche Verbindung von Flaschen nennt man eine elektrische Batterie.

133. Es ist offenbar, daß eine Vorrichtung dieser Art, die aus einer großen Anzahl Theile besteht, einer Störung leichter ausgesetzt ist wie eine einzelne Flasche. Wenn nämlich eine einzelne Flasche durch Selbstentladung springen sollte, so ist die ganze Batterie nutzlos, bis die zerbrochene Flasche entfernt ist. Es ist deßhalb klug, die anstoßenden Flaschen vor wirklicher Berührung zu schützen, indem man sie in einer Büchse befestigt, welche dünne Abtheilungen hat, wobei die überzogenen Böden der Flasche auf einem Drahtgitter oder

auf einer dicken Zinnfolie ruhen, welche eine allgemeine Verbindung zwischen ihnen herstellt, während die Stangen von den inneren Ueberzügen oben durch Querdrähte verbunden sind, die Kugeln auf den Enden haben, um die Zerstreuung der Elektizität zu hemmen. Andererseits vermögen wir, indem wir die Verbindungen auf eine gewisse Zahl Flaschen beschränken, alsdann nur einen Theil der Batterie zu laden, ohne das Ganze zu gebrauchen.

Neuntes Kapitel.

Behandlung elektrischer Flaschen und Batterien.

134. Zur Herstellung einer unmittelbaren Verbindung zwischen dem inneren und äußeren Ueberzug einer Flasche oder Batterie, wodurch eine Ladung bewirkt wird, gebraucht man das Fig. 32 dargestellte Instrument, welches die Entladungsstange oder Zange genannt wird. Es besteht aus zwei gebogenen Metallstangen, die an einem Ende mit Messingkugeln enden und an dem andern durch eine Handhabe verbunden sind, die an das Ende einer gläsernen Handhabe befestigt ist, wie ein Zirkel wirkt und die beiden Kugeln auf verschiedene Entfernungen trennen läßt. Ist das Instrument auf einen gehörigen Grad geöffnet, so berührt man den äußeren Ueberzug mit einer der Kugeln und bringt alsdann die andere Kugel schnell in Berührung mit dem Knopf der Flasche, wie Figur 33 dargestellt ist, oder nur mit irgend einem Theil des Systems der innern Ueberzüge; so wird eine Entladung bewirkt, während die gläserne Handhabe die Person, welche sie hält, vor den Wirkungen der Erschütterung sichert.

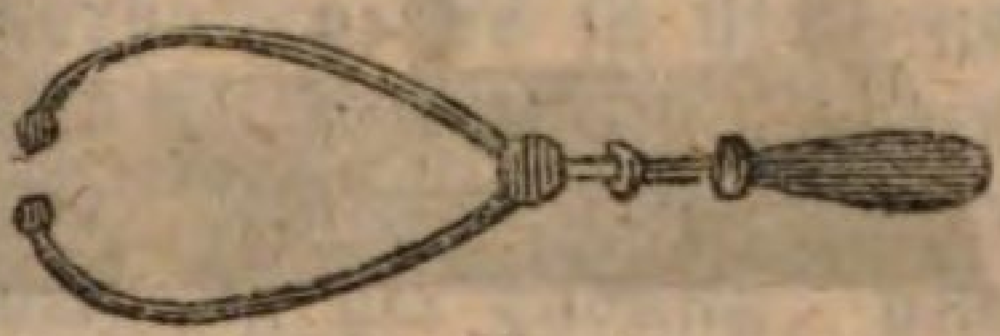


Fig. 32.



Fig. 33.

135. Wünschen wir die ganze Ladung der Elektrizität durch einen besondern Stoff zu senden, welcher der Gegenstand des Versuches sein soll, so müssen wir die verbindenden Leiter in solcher Weise anordnen, daß jener Stoff einen nothwendigen Theil des Umlaufes der Elektrizität oder des

Durchganges für den elektrischen Strom bietet. Zu dem Zweck müssen wir den Gegenstand zwischen zwei gute Leiter bringen, wovon einer mit dem äußeren Ueberzug in Verbindung steht; der Umlauf kann dadurch vervollständigt werden, daß man den andern Leiter mit dem inneren Ueberzug vermittelst einer Entladungsstange in Verbindung setzt, zu deren einem Zweige im Nothfall eine biegsame Kette hinzugefügt werden kann.

136. Um eine Ladung mit größerer Richtigkeit und Genauigkeit zu richten, hat Henley eine Vorrichtung erfunden, welche der allgemeine Entlader heißt und Fig. 34 dargestellt ist. Er besteht aus einem hölzernen Gestell mit einer Höhlung in der Mitte, worin gelegentlich ein kleiner Tisch T gestellt werden kann, der auf der Oberfläche mit einem Stück Elfenbein (einem Nichtleiter) ausgelegt ist. Dieser Tisch läßt sich heben und vermittelst einer Schraube S in gehöriger Höhe halten. Zwei Säulen PP sind in das hölzerne Gestell gekittet; auf der Spitze jeder Säule ist eine messingene Kappe angebracht, mit einem Ring R und einem Gelenk, das sich sowohl scheitelrecht wie horizontal bewegt und auf dem oberen Theil eine Springröhre trägt, die eine messingene Stange hindurchgleiten läßt; jede dieser Stangen geht an einem Ende mit einer Spitze, oder Kugel, oder einer Zange aus und ist am andern Ende mit einer Handhabe von festem Glas versehen. Der Körper, durch welchen die Ladung gesandt werden soll, wird auf den Tisch gestellt und die gleitenden Stäbe, welche nach jeder Richtung beweglich sind, werden alsdann vermittelst isolirender Handhaben mit den entgegengesetzten Seiten in Verbindung gebracht. Nachdem eine der messingenen Kappen zuerst mit der Außenseite der Flasche oder Batterie in Verbindung gesetzt ist, kann die andere mit dem inneren Ueberzug vermittelst der oben beschriebenen Entladungsstange gesetzt werden. Wegen einiger Versuche ist es passender, die Substanz, woran der Versuch zu machen ist, in einen Mahagonyrahmen zu befestigen, der aus zwei Brettern besteht, die durch Schrauben zusammengedrückt werden und an die Stelle des Tisches T gesetzt werden können; auf beide Weisen kann die Ladung mit größter Genauigkeit durch jeden Theil des Stoffes hindurch gesandt werden.

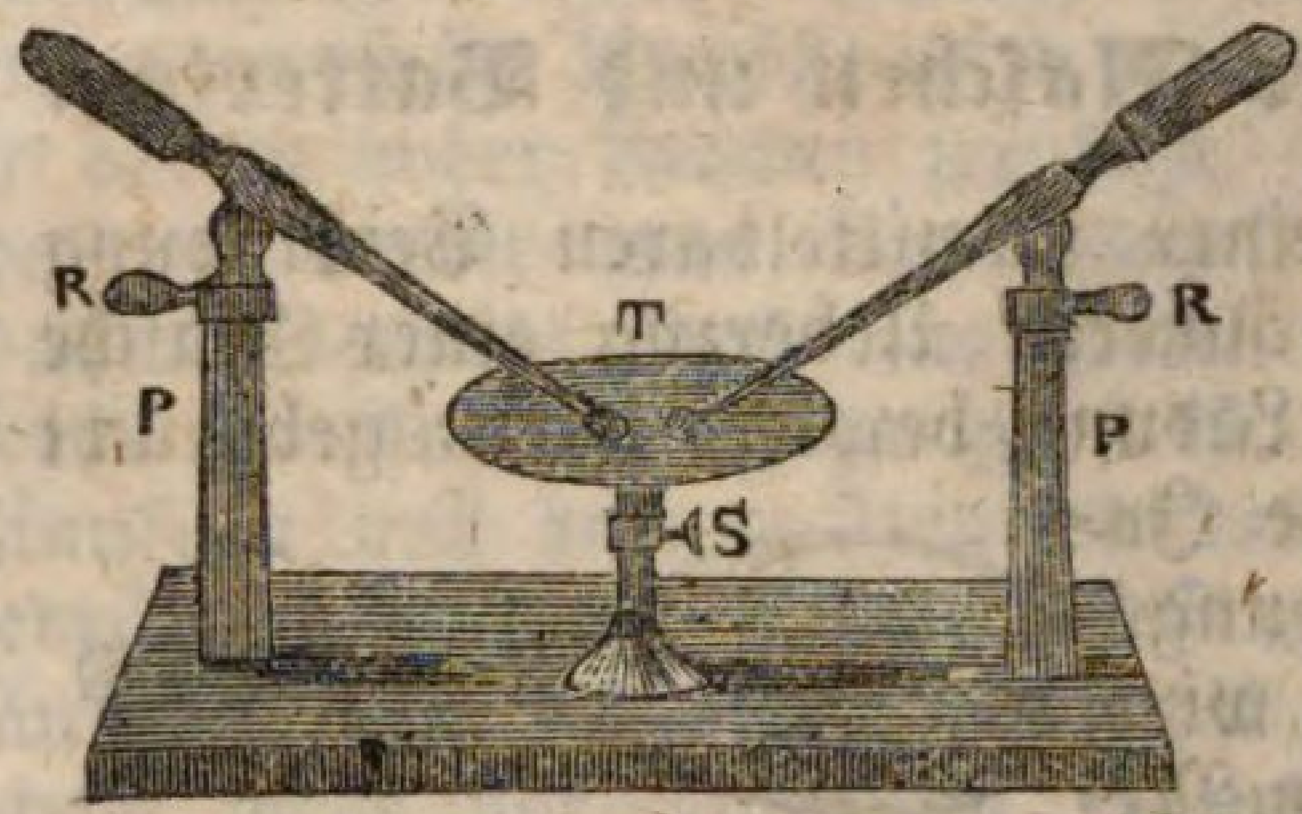


Fig. 34.

137. Der Betrag der Elektrizität, welcher in bestimmter Ausdehnung überzogenen Glases aufgehäuft werden kann, steht in umgekehrtem Verhältniß zur Dicke des Glases. Verschiedene Flaschen oder Batterien werden deßhalb je nach der Dünne ihrer Seiten und dem Betrag der von ihnen enthaltenen überzogenen Oberfläche verschiedene Fähigkeiten besitzen, um Elektrizitätsladungen zu halten. In jedem Instrument dieser Art aber läßt sich der Betrag der ihr mitgetheilten Ladung durch die Stärke der Elektrizität im Hauptconduktor messen, der mit dem innern Ueberzug in Verbindung steht. Einiger Anschlag der Kraft läßt sich durch Anwendung von Henley's schon beschriebenem Quadrantelektrometer erlangen (s. 72), dessen Weiser sich sehr langsam hebt, während die Batterie geladen wird, bis er eine gewisse Höhe erreicht, die der Fähigkeit der Batterie entspricht. Wenn die Elektrizität über diese Grenze hin aufgehäuft wird, so folgt eine Selbstentladung und der Vorgang muß wieder erneut werden, will man eine vollständige Ladung erhalten. Es ist übrigens klüger, anzuhalten, bevor dieser Grad der Anhäufung erlangt wird, und ein großer Vortheil von Henley's Elektrometer besteht darin, daß er uns den Fortgang der Ladung, und wie weit man dieselbe mit Sicherheit treiben kann, zeigt.

138. Das sicherste Verfahren jedoch, um das Zerspringen der Flaschen durch Selbstentladung zu hemmen, besteht darin, daß man eine unterbrochene Vorrichtung von Leitern zum Durchlauf der Elektrizität oder zum Durchgang des elektrischen Stromes anbringt, wovon die Theile, wo die Unterbrechung vorkommt, sich mit Metallkugeln enden, die in gewisser Entfernung von einander angebracht sind. Indem man den Zwischenraum zwischen ihnen wechselt, kann man den Betrag der Elektrizität bestimmen, den man in der Batterie anhäufen lassen will; im Augenblick nämlich, wo der Betrag überstiegen wird, dessen Schlagweite dieser Zwischenraum ist, geschieht eine Explosion, indem die Elektrizität ihren Weg durch die Luft von einer Kugel zur andern macht; wenn die Kugeln einander sehr genähert werden, so tritt die Entladung mit verhältnißmäßig geringer Anhäufung ein; wenn sie weiter getrennt werden, so wird eine größere Ladung beibehalten, weil eine größere Stärke der Elektrizität erheischt wird, um durch den größeren, zwischenliegenden Raum zu gelangen. Nach diesem Grundsatz ist das Instrument verfertigt worden, welches Lane's entladender Elektrometer heißt. Er besteht aus einer Messingkugel B (Figur 35), die am Ende einer kurzen Metallstange R angebracht ist, welche sich durch ein röhrenartiges Stück bewegt und von einer gebogenen



Fig. 35.

Glasständer S gehalten wird. Dieser Ständer ist so verfertigt, daß man ihn mit dem andern Ende an die Stange heften kann, die von dem innern Ueberzug emporgeht und so angeordnet, daß die Kugel B dem Knopf der Flasche unmittelbar entgegengesetzt ist und genau in die Schlagweite gebracht werden kann, die man haben will; das andere Ende der beweglichen Stange muß vermittelst einer Kette oder eines Drahtes mit dem äußeren Ueberzug verbunden sein. Der Hauptnutzen dieses Instrumentes besteht darin, daß man einer Flasche gestattet, sich selbst durch eine vorher angeordnete Vorrichtung zu entladen, ohne daß man eine Entladungsstange gebraucht, oder einen Theil der Vorrichung anordnet, und daß sie mehre Explosionen nach einander beinahe von derselben Kraft ausführt. Die Größe der Ladung wird durch die Entfernung gemessen, worin die Kugeln aufgestellt sind, und die Kraft der Maschine läßt sich nach der Zahl der Explosionen anschlagen, die in gewisser Entfernung in gleichen Zeiträumen vorkommen. Bei Lane's Versuch waren die Schläge zweimal so häufig, wenn der Zwischenraum zwischen den Kugeln 1/24″ betrug, als wenn er zweimal so groß war. Daraus schloß er, daß der zur Entladung erheischte Betrag Elektrizität in genauem Verhältniß zur Entfernung zwischen den Oberflächen der Kugeln steht. Die Anzeigen des Instrumentes aber sind in Wirklichkeit sehr trügerisch, wegen des veränderlichen Zustandes der Atmosphäre, die auf das Leitungsvermögen Einfluß übt, ferner auch durch den Betrag Staub, der sich sogar während eines einzigen Versuches, wann er angezogen wird, auf der Oberfläche ansammelt, und endlich deßhalb, weil die Metalloberflächen durch häufige, elektrische Explosionen rauh und trübe werden. Letzterer Unvollkommenheit sind besonders Messingkugeln ausgesetzt. Es läßt sich derselben dadurch vorbeugen, daß man die Kugeln aus feinem Silber verfertigt.

139. Eine andere Vorrichtung zur Bestimmung des Betrages der Ladung, die wir durch einen Körper senden wollen, ist die von Cuthbertson erfundene, welche Elektrometerwaage heißt; es ist eine Metallstange R (Figur 36), die mit zwei gleichen Kugeln AB sich endet und die wie ein Waagbalken aus spitzen Mittelpunkten im Gleichgewicht gehalten wird; einer der Arme dieses Waagbalkens ist mit einer Gradabtheilung versehen und trägt einen gleitenden Körper, welcher

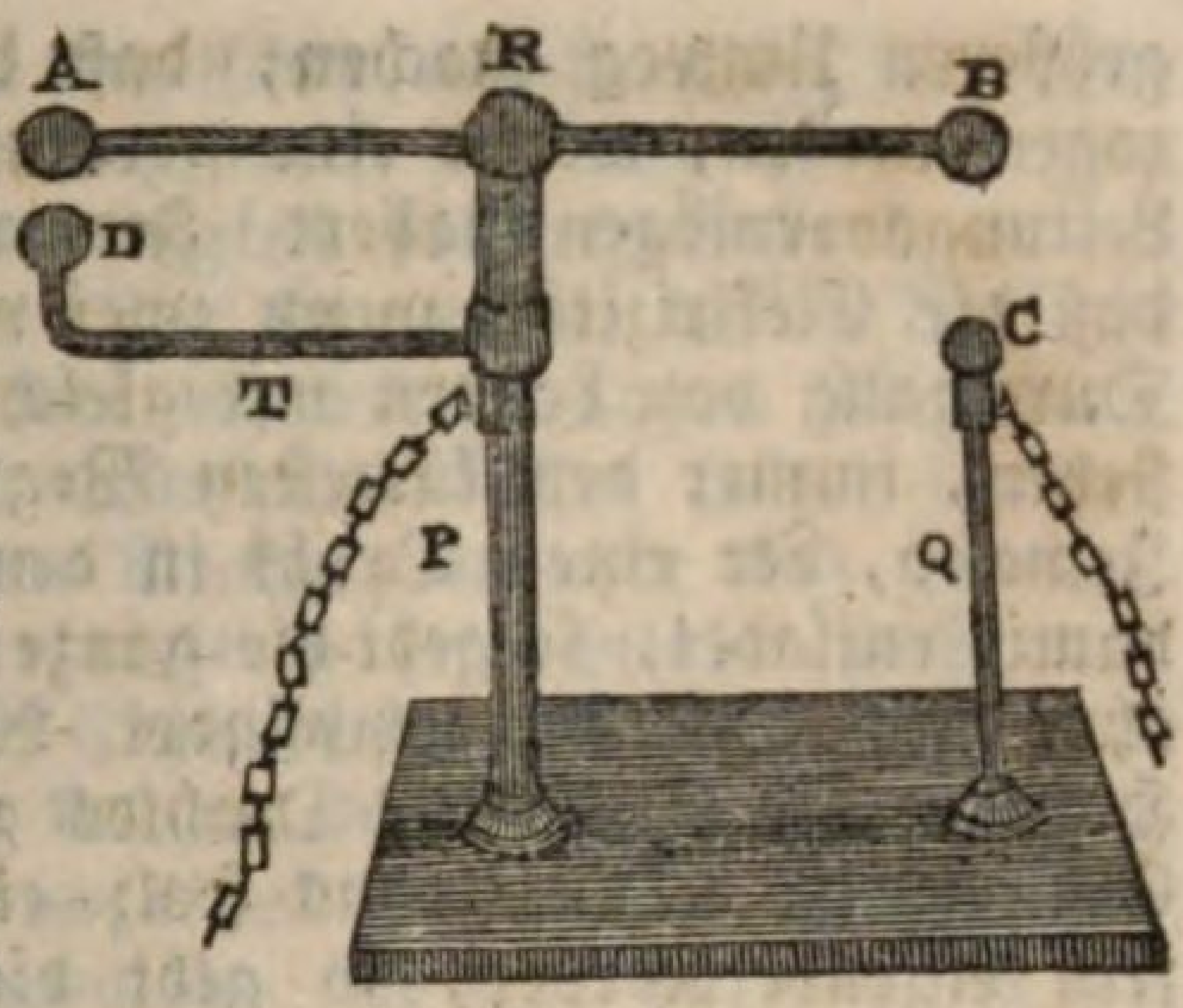


Fig. 36.

auf verschiedene Entfernungen von dem Mittelpunkt der Bewegung gestellt, auf dem Heber mit einem verhältnißmäßigen Gewicht von 1—60 Gran einwirkt. Die Kugel A am Ende des beschwerten Armes ruht auf einer ähnlichen Kugel D, welche von einer gebogenen Metallröhre T gehalten wird, die von demselben Ständer ausgeht, welcher die Stange hält; das Ganze wird durch eine Glassäule P isolirt. In geringer Entfernung unter der Kugel B am andern Ende des Waagbalkens findet sich eine andere Kugel C, durch die Glassäule Q isolirt; diese letztere Kugel ist durch eine Kette mit den äußeren Ueberzügen der Batterie zu verbinden, während die metallische Stütze der Waage mit den inneren Ueberzügen verknüpft ist. Wird eine Ladung der Batterie mitgetheilt, so werden die beiden Kugeln A und B, die in Berührung stehen, einander abstoßen, und ist die Abstoßungskraft genügend, um das Gewicht von dem beschwerten Arme des Waagbalkens zu erheben, so wird der andere Arm heruntergebracht; die Kugel B kommt mit C in Berührung, das Umlaufsmittel für den Strom der Elektrizität wird vollständig und eine Entladung tritt ein. Da die Abstoßungskraft von der Stärke der Ladung abhängt, so gewährt das Gewicht, das dieselbe zu überwinden hat, ein Maß ihrer Stärke und befähigt uns, ihren Betrag zu reguliren.

Die praktische Anwendung angehäufter Elektrizität auf verschiedene Versuche, umfaßt Betrachtungen, die sich auf Gesetze beziehen, welche an der Elektrizität in ihrer Bewegung beobachtet sind und welche zweckmäßiger zum folgenden Kapitel gehört.

Zehntes Kapitel.

Von der Bewegung angehäufter Elektrizität.

140. Bei Bildung der Anordnungen zur Leitung des Durchgangs angehäufter Elektrizität muß man beachten, daß die elektrische Flüssigkeit bei dieser Gelegenheit immer durch die besten Leiter hindurchgehen wird, obgleich dieselben einen

größeren Umweg machen, daß diese also denjenigen vorgezogen werden, welche eine geradere Richtung bei geringerem Leitungsvermögen haben. Ferner auch muß man beachten, daß die Elektrizität, wenn zwei verschiedene Wege für ihren Durchgang von Leitern mit gleichem Leitungsvermögen offen stehen, immer den kürzesten Weg sich auswählt. Wenn z. B. Jemand, der einen Draht in den Händen hält, eine Flasche damit entladet, so geht die ganze Flüssigkeit durch den Draht, ohne daß er Einfluß empfindet. Wird aber ein Stück trockenes Holz an die Stelle des Drahtes gesetzt, so empfindet er den Schlag; da nämlich das Holz ein schlechterer Leiter ist wie sein eigener Körper, so geht die Ladung durch letztern als durch den leichtesten Leiter hindurch, obgleich ein Umweg damit verbunden ist. Beim Uebergang durch den menschlichen Körper wird der Schlag nur in denjenigen Theilen empfunden, die in gerader Verbindungslinie liegen; wird die Ladung so gemacht, daß sie durch eine Anzahl Personen hindurchgeht, die einander bei der Hand fassen, und einen Theil der leitenden Kette zum Durchlauf der Elektrizität zwischen den inneren und äußeren Ueberzügen der Flasche bilden, so wird Jeder den Schlag auf dieselbe Weise und in demselben Augenblick empfinden; das Gefühl geht nämlich von Hand zu Hand durch die Brust. Wechseln die Berührungspunkte, so kann jedoch der Schlag in anderer Richtung gehen, und entweder auf einen kleinen Theil der Glieder beschränkt sein, oder kann die ganze Länge des Körpers von Kopf bis zu Fuß durchdringen.

141. Nach genauen Versuchen scheint es, daß die Wirkung des elektrischen Schlages geschwächt wird, denn seine Wirkungen werden vermindert, wenn man einen Conduktor von großer Länge, um eine Ladung auszuführen, gebraucht. Man kann jedoch nur mit Schwierigkeit eine Grenze für die Zahl von Personen aufstellen, durch welche sogar eine kleine elektrische Ladung hindurch gesandt werden kann, so daß Alle den Schlag empfinden, oder diejenige Grenze angeben, durch welche sie vermittelst guter Leiter sich bringen läßt. Im Beginn elektrischer Untersuchungen wurde viel Sorgfalt auf die Feststellung dieser Punkte verwandt. Der Abbé Nollet leitete einen elektrischen Schlag aus einer kleinen Flasche durch 180 französische Gardisten in Gegenwart des Königs, und im Karthäuser Kloster zu Paris wurden die Mönche in einer Linie von ungefähr einer halben Stunde Länge vermittelst Eisendrahte, die sie in den Händen hielten, als eine Kette von Leitern aufgestellt; bei Entladung der Flasche wurde der Schlag in demselben Augenblick von allen Personen gefühlt.

Viele Versuche wurden von englischen und französischen Physikern gemacht, um den Raum, durch den eine Ladung hindurch kann, und die Geschwindigkeit herauszustellen, womit der Schlag überliefert wird. Der sinnreichste dieser Versuche war der von Watson, wobei die bedeutendsten Mitglieder der königlichen Gesellschaft mitwirkten. Der Leiter für den Durchlauf bestand in einem Drahte, welcher sich über die ganze Länge der Westminsterbrücke in beträchtlicher Höhe vom Fluß ausdehnte. Das eine Ende dieses Drahtes stand mit dem äußern Ueberzug einer beladenen Flasche in Verbindung, das andere Ende wurde von einer Person am entgegengesetzten Ende des Stromes gehalten, die eine Verbindung mit dem Wasser erhielt, indem sie eine in der andern Hand gehaltene eiserne Stange hineintauchte. Der Durchlauf wurde durch eine andere Person vervollständigt, welche nahe an der Flasche stand, und gleicher Weise eine eiserne Stange in den Fluß tauchte, und vermittelst eines in der andern Hand gehaltenen Drahtes eine Berührung mit dem Knopf der Flasche ausführen konnte; so oft die Entladung stattfand, wurde der Schlag von beiden Personen empfunden, und dadurch bewiesen, daß die elektrische Flüssigkeit in Bewegung auf der ganzen Linie des Umlaufs sein mußte, mit Einschluß des Drahtes oben und des Flusses unten. In einem andern zu Shootershill bei London gemachten Versuche, zu einer Zeit, wo der Boden sehr trocken war, legte die Elektrizität einen Umlauf von beinahe einer geographischen Meile zurück; sie ward auf eine halbe Meile von Drähten auf gedörrten Stöcken und auf der andern halben Meile durch den trockenen Boden geleitet; so weit man nun dies bei der sorgfältigsten Beobachtung erkennen konnte, war die Zeit der Entsendung der Ladung und deren Empfindung auf diesem großen Umlauf genau derselbe Augenblick. Ueberhaupt hat kein bis jetzt gemachter Versuch ein Maß für die Geschwindigkeit geboten, womit die Elektrizität sich bewegt.

142. Hiebei jedoch ist ein wichtiger Unterschied zwischen der wirklichen Bewegung jeden einzelnen Theilchens elektrischer Flüssigkeit und der Ueberlieferung eines Anstoßes auf einer Reihe von solchen Theilchen zu machen, denn das eine kann kaum ein Verhältniß zum andern bieten; ebenso wie wir finden, daß der Schall sich mit einer unverhältnißmäßig größeren Geschwindigkeit fortbewegt, wie die bei seiner Verbreitung betheiligten Lufttheilchen; auf gleiche Weise ist der Bluttheil, welcher die Arterie auf dem Handgelenk, wo man den Puls fühlt, erhebt, nicht gerade der Bluttheil, welcher aus dem Herzen durch die Zusammenziehung dieses Organs

hervorgestoßen wird, welches den Pulsschlag erzeugt; der Anstoß wird in diesen Fällen wie eine Welle von einem Theilchen zum andern fortgepflanzt. Man hat deßhalb keinen Grund zur Vermuthung, daß dieselben Theilchen elektrischer Flüssigkeit, welche an einem Theil eindringen, die ganze Linie leitender Substanzen von einem Ende zum andern durchzogen haben, welche das Umlaufsmittel bilden.

143. Denken wir uns die leitenden Körper, welche das Mittel zum Umlauf bilden, seien in eine unendliche Zahl Fasern getheilt, oder was dasselbe ist, die Fähigkeit des Körpers selbst, eine Elektrizitätsladung zu übertragen, stehe im Verhältniß zur Anzahl dieser Elementarfasern, die er enthält, d. h. zur Größe seines Querdurchschnitts, ohne Bezug auf die Form, so wird dieselbe Metallstange eine Ladung ebenso gut übertragen, ob sie platt oder in mehre kleine Drähte getheilt ist, oder ob sie aus einem Cylinder derselben Fläche besteht.

144. Ist die Größe des Conduktors genügend, so kann die ganze Ladung ohne sichtbare Hemmung oder Verstopfung und deßhalb ohne eine Neigung übertragen werden, von der geraden Linie des Laufes abzuweichen. Es verhält sich jedoch anders, wenn der Conduktor zu dünn ist, um einen breiten Durchgang der vorwärts dringenden Flüssigkeit zu gewähren, und es ist von Wichtigkeit, daß man die Folgen untersucht, welche diese Hemmungen hervorrufen können.

145. Die erste Wirkung eines Hindernisses für den freien Durchgang aufgehäufter Elektrizität, muß in der Hemmung seiner Bewegung bestehen. Die Erwartung ist deßhalb vernünftig, daß man mit einem Umlaufsmittel von schlechten Leitern oder von ungleich großen Leitern, wenn dieselben auch gut sind, keine so augenblickliche oder vollständige Ladung überliefern kann, und daß der begleitende Schlag in seiner Heftigkeit gemindert wird. Dieser Grundsatz kann seine Anwendung bei Gelegenheit finden, wo es zu wünschen ist, die Heftigkeit des Schlags zu mindern, z. B. bei medizinischer Anwendung der Elektrizität, wo unvollkommene Leiter deßhalb sowohl zur Erzeugung von Schlägen wie von Funken bisweilen vorgezogen werden.

146. Eine zweite Wirkung, die aus einer Verstopfung des Stroms der Elektrizität hervorgeht, besteht in der Neigung der Flüssigkeit, von der geraden Linie ihres Laufes abzuweichen und auf verschiedene Gegenstände in der Nähe abzuspringen. Dies zeigt sich häufig beim Blitze, welcher, wenn er ein Gebäude trifft, eine sehr unregelmäßige und scheinbar launenhafte Richtung nimmt, und nach Leitern

hinfährt, die ihn zufällig anziehen, obgleich dieselben von seiner unmittelbaren Richtung entfernt liegen. Die Lage solcher Leiter scheint einen wesentlichen Einfluß auf Bestimmung der Schlagweite zu üben. Priestley beobachtete, daß die Explosion einer großen Batterie sich auf eine größere Entfernung über die Oberfläche des Wassers hin ausdehnt, wie in der Luft allein.

147. Eine Wirkung, welche von dieser Neigung der Flüssigkeit in Folge eines Hemmnisses abzuweichen, abhängig zu sein scheint, ist diejenige, welche man die Explosion nach der Seite genannt hat. Wenn eine große Flasche oder Batterie durch einen Metalldraht entladen wird, den man ohne Schutz eines Glases oder einer andern isolirenden Handhabe in der Hand hält, so empfindet man in der Hand, welche den Draht ergreift, hauptsächlich wenn die Ladung sehr beträchtlich ist, oft eine leichte Erschütterung. Dies scheinbare Abweichen oder Ueberfließen elektrischer Flüssigkeit, wenn dieselbe in großem Betrag in einen engen Raum stürzt, der sie kaum enthalten kann, läßt sich auch in anderer Weise sichtbar machen. Wird ein Ende einer Kette mit dem äußern Ueberzuge einer geladenen Flasche in Verbindung gesetzt, während die übrige Kette locker auf dem Tische liegt, so wird man bei Entladung der Flasche in einem dunklen Zimmer vermittelst der Entladungsstange in der gewöhnlichen Weise die Kette, obgleich dieselbe nicht zum Durchlaufsmittel gehört, dennoch leuchten sehen, indem Funken von einem Gliede zum andern übergehen. Folgender Versuch von Priestley gemacht, läßt sich ebenfalls als eine Explosion nach der Seite betrachten. Man stelle eine dicke Metallstange R (Fig. 37) auf eine isolirende Metallstange, und lasse dieselbe an einem Ende in Berührung mit dem äußeren Ueberzug einer leitenden Flasche gebracht werden. Man stelle in der Entfernung eines halben Zolles vom andern Ende einen langen leitenden Körper B von wenigstens 6 bis 7′

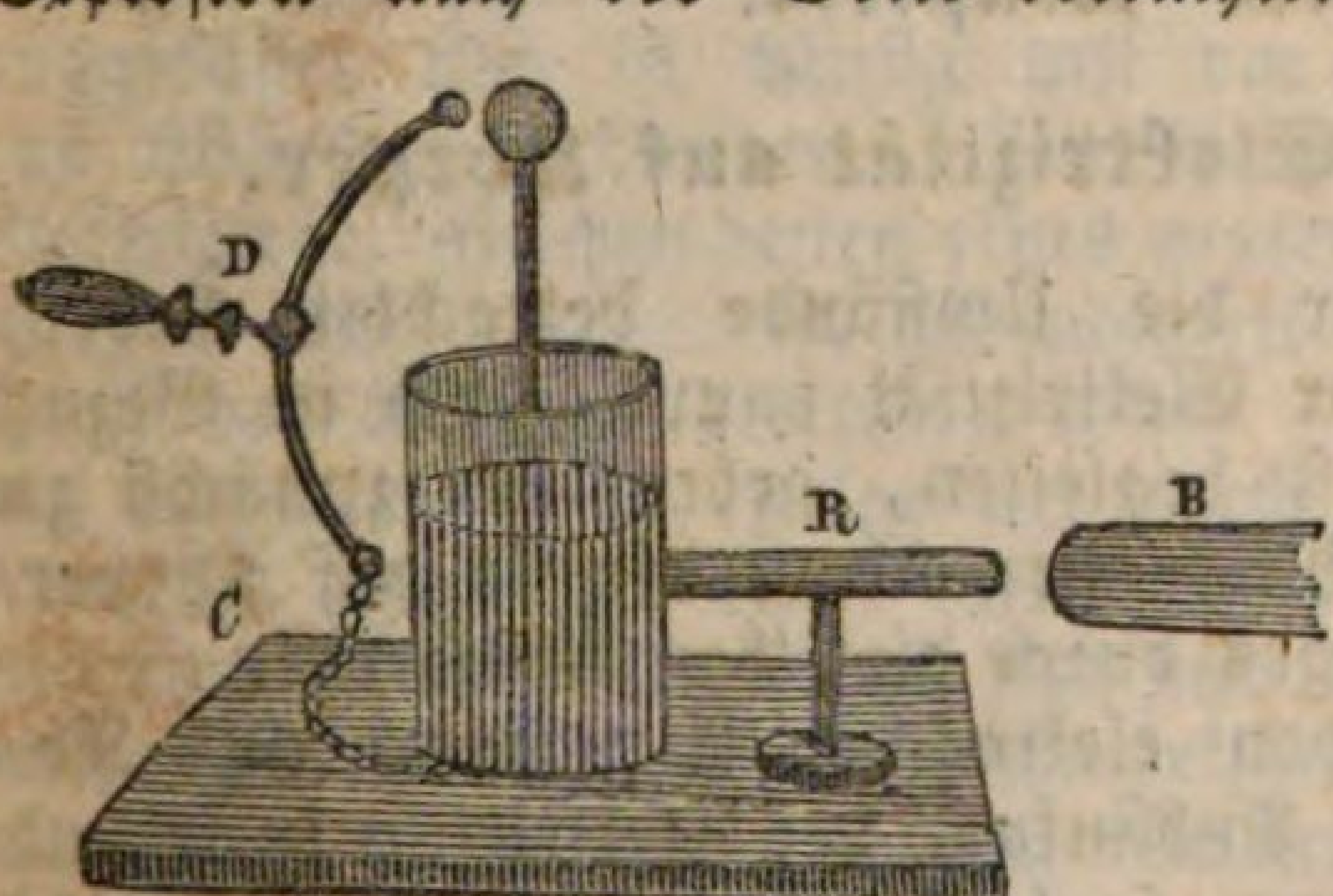


Fig. 37.

Länge und nur wenige Zoll Breite auf. Eine Kette C werde jetzt auf den Tisch gelegt, so daß das eine ihrer Enden ungefähr 1½ Zoll von dem äußeren Ueberzug der Flasche entfernt ist, und man bringe die Entladungsstange D an

das andere Ende der Kette. Sobald die andere Kugel der Entladungsstange den Knopf der Flasche berührt, so daß eine Entladung entsteht, sieht man einen glänzenden Funken sich zwischen der isolirten Stange R und dem anstoßenden Leiter B ausdehnen; dieser seitliche Funken hat dieselbe Länge und denselben Glanz, ob er auf flachen oder glatten Oberflächen oder auf scharfen Spitzen aufgenommen wird. Priestley gibt an, daß die von uns beschriebene Wirkung ohne offenbare Veränderung im elektrischen Zustand des Leiters B vor sich geht; daher glaubte Cavallo, daß der Seitenfunken beinahe in demselben Augenblick aus der Flasche entsandt sei, und wieder zurückkehre, so daß kein Elektrometer durch eine erkennbare Zeit Eindruck erhält. Robison jedoch bemerkte stets bei Wiederholung des Versuches, daß ein sehr empfindlicher Elektrometer unter diesen Umständen Eindruck erhielt, und dieselbe Beobachtung ist von Biot bestätigt worden. Die Erscheinung der Explosion nach der Seite hat man dadurch zu erklären gesucht, daß sie beim Durchgange einen Induktionseinfluß ausübt, dessen Wirkungen im Augenblicke aufhören, wo die Ursache entfernt wird; diese Erklärung jedoch scheint weniger genügend, wie diejenige, welche die Erscheinungen einer ausdehnenden Forttreibung zuschreibt, worauf sogleich eine unmittelbare Zurücktreibung der elektrischen Flüssigkeit folgt, welche durch Hemmnisse erzeugt wird, die sich dem freien Durchgang in dem Umlaufmittel der Leiter darbieten.

Elftes Kapitel.

Wirkung der Elektrizität auf Körper.

148. Nachdem wir die Umstände betrachtet haben, welche die Bewegung der Elektrizität hauptsächlich in Bezug auf die Flüssigkeit selbst begleiten, gehen wir zunächst zu einer Darstellung der Wirkungen über, die sie auf Körper, vermöge ihres Durchganges durch dieselben hervorruft.

149. Unabhängig von elektrischer Anziehung und Abstoßung scheint die bloße Anhäufung der Elektrizität in irgend einem Betrage in Körpern, so lange sie ruhend bleibt, nicht die geringste merkbare Veränderung in deren Eigenschaften zu erzeugen. Eine Person, die auf einem Isolirstuhl steht, kann mit jedem Betrag Elektrizität aus einer Maschine beladen werden, ohne daß sie einen merkbaren Einfluß empfindet, bis das Gleichgewicht der Flüssigkeit dadurch gestört

wird, daß man Funken aus ihrem Körper oder aus dem Leiter, womit sie in Verbindung steht, herauszieht.

Wir haben schon gesehen (78. 79. 80.) daß nur ein sehr kleiner Theil eines elektrisirten Körpers, nämlich die bloße Oberfläche, sich im thätigen Zustande sowohl positiver wie negativer Elektrizität befindet und daß der übrige Stoff des Körpers in einem Zustande vollkommener Neutralität ist.

150. Auch scheint es, daß der ununterbrochene Durchgang jeder Menge Elektrizität durch einen vollkommenen Leiter z. B. eine Metallstange von genügender Dicke, um sie zu leiten, keine sichtbare Veränderung in den mechanischen Eigenschaften des leitenden Körpers hervorruft.

151. Im Gegentheil aber wird eine sehr beträchtliche Wirkung erzeugt, wenn eine starke Ladung durch einen Draht gesandt wird, der wegen der Kleinheit seines Umfangs nicht die ganze Masse mit vollkommener Freiheit hindurch läßt, oder wenn dies durch einen Stoff geschieht, welcher, obgleich groß, in seinem Leitungsvermögen mangelhaft ist, oder mit andern Worten, wenn er einen Grad von Widerstand dem Durchgange der Elektrizität entgegensetzt; so wird ein eiserner Leiter die ganze Elektrizität einer Gewitterwolke in Sicherheit und Stille ableiten, während ein Holzbalken oder ein Baum, vom Blitz getroffen, in tausend Stücke zerschmettert wird.

152. Wenn die Elektrizität die physischen Eigenschaften der Körper so verändert, so läßt sich ihr Verfahren im Allgemeinen auf die Trennung von deren Theilchen in der Linie ihres Laufes beziehen. Diese Trennung wird mit mehr oder weniger Heftigkeit, je nach Kraft und Menge der Ladung ausgeführt und ist häufig mit der Entwickelung von Licht und Wärme verbunden. Die mechanischen Wirkungen der Elektrizität, gleichen denen eines materiellen Wirkungsmittels, welches mit großer Geschwindigkeit und Kraft durch den Stoff des Körpers getrieben wird. Einige Wirkungen scheinen andererseits die Folge der durch Wärme erzeugten Ausdehnung zu sein. Viele durch Elektrizität eingeführte Veränderungen sind chemischer Art und lassen sich durch mechanische Wirksamkeit allein nicht erklären. Wir gehen zur Beschreibung dieser verschiedenen Wirkungen im Einzelnen über.

§. 1. Mechanische Wirkungen der Elektrizität.

153. Der Zusammenhang der Theilchen fester Körper läßt sich in der Art denken, daß er einigen Widerstand der Neigung der Elektrizität darbietet, diese Theilchen von einander zu trennen. Wir finden nämlich, daß Flüssigkeiten

eine heftigere Wirksamkeit erleiden, wie feste Körper, wenn die elektrische Ladung hindurch geht. Wenn der Stiel einer Haarröhre, wie man sie bei Verfertigung von Thermometern braucht, mit Quecksilber gefüllt, und so gestellt wird, daß die Faser dieses Metalls einen Theil des elektrisirten Umlaufs bildet, so wird die Glasröhre bei der Entladung bersten und ihre Stücke werden mit dem Quecksilber vollkommen zerstreut werden. Wenn eine Flüssigkeit von geringerem Leitungsvermögen wie Wasser in einer Röhre von größerem Durchmesser enthalten ist, wie bei erwähntem Versuche, so wird sogar eine mäßige Ladung genügen, um die Röhre zu zerbrechen und ihren Inhalt zu zerstreuen. Oel, Alkohol und Aether setzen einen noch größeren Widerstand wie Wasser dem Durchgang der Elektrizität entgegen und werden mit noch größerer Heftigkeit durch eine Entladung ausgedehnt und zerstreut.

154. Beccaria brachte zwei Drähte durch Löcher in die entgegengesetzten Seiten einer gebohrten Kugel festen Glases von zwei Zoll Durchmesser an, wobei die Enden der Drähte durch einen Wassertropfen getrennt waren, der die Mitte der Durchbohrung einnahm. Als der Schlag durch die Drähte und die zwischenliegenden Tropfen hindurch ging, wurde die Kugel mit großer Heftigkelt zersplittert. Durch einen ähnlichen Versuch gelang es Herrn Morgan, grüne Glasflaschen voll Wassers zu zersprengen, wobei die Entfernung der Drähte, zwischen denen die Explosion vor sich ging, zwei Zoll überstieg. So auch wurde von Singer eine Glasröhre von ½ Zoll Dicke und mit einem Loch desselben Durchmessers mit einer sehr mäßigen Ladung zersprengt. Dreht man in ein Stück Elfenbein eine Höhlung wie eine Tasse, welche die Hälfte einer leichten hölzernen Kugel aufnehmen kann, mit einer kleinen kegelförmigen Zelle auf dem Boden der Höhlung und bringt man durch die Seiten des Elfenbeines zwei Drähte hinein; thut man einen Tropfen Wasser, Alkohol oder Aether zwischen die Drähte, stellt die Kugel in der Höhlung darüber, und entsendet eine Ladung durch die Tropfen der Flüssigkeit, so wird ein Theil plötzlich in Dunst verwandelt und die Kugel wird mit großer Heftigkeit vorwärts getrieben werden. Sogar ein gewöhnliches Trinkglas mit Wasser gefüllt, wird durch die Kraft der Explosion zerbrochen werden, womit der Dunst am Punkte, wo die Elektrizität hindurch geht, gebildet wird. Beccaria verfertigte einen kleinen Mörser mit einer Kugel, hinter welchem ein Wassertropfen gelegt wurde, so daß derselbe sich zwischen den beiden Drähten befand, welche durch die Seiten des

Mörsers hindurch gingen. Als die Ladung durch die zwei Drähte gesandt wurde, dehnte sich der Wassertropfen mit solcher Kraft aus, daß er die Kugel mit großer Geschwindigkeit heraus trieb. Lullin aus Genf brauchte Oel statt Wassers bei diesem Versuche und erkannte, daß die Kugel mit noch größerer Kraft fortgeschleudert wurde.

155. Wenn zwei Drähte in ein weiches Stück Pfeifenthon eingebracht werden, so daß ihre Enden einander nahe sind, und wenn ein elektrischer Schlag hindurch geleitet wird, so wird sich der Thon auf merkwürdige Weise in den Zwischenräumen zwischen den Drähten ausdehnen; der Versuch aber wird nicht gelingen, wenn der Thon zu trocken oder zu feucht ist. Ist der Thon zu trocken, oder der Schlag zu stark, so wird die Masse in unzählige Stücke zerbrochen werden. Wird der Thon in eine Glasröhre oder eine Tabaksröhre gethan, so ist die Ausdehnung des Thones so beträchtlich, daß sie die Röhre, die ihn enthält, zerbricht.

156. Die Ausdehnung der Luft vermöge des Durchgangs der elektrischen Flüssigkeit, entweder in der Form von Funken oder Schlägen, zeigt sich in folgendem Versuch von Kinnersley, und zwar in derjenigen Vorrichtung, die man den elektrischen Luftthermometer nennt. Er besteht aus einer Glasröhre, die an beiden Enden durch luftdichte eherne Kappen geschlossen ist, durch welche zwei Drähte in der Richtung der Axe der Röhre gleiten; diese Drähte endigen sich mit Messingkugeln, die man auf Schlagweite einander nähert. An die Oeffnung des Bodens der unteren Kappe ist eine gebogene Glasröhre angebracht, die sich aufwärts wendet und an beiden Enden offen ist. Der gebogene Theil ist mit Quecksilber oder gefärbter Flüssigkeit gefüllt, welche durch Steigen und Fallen in der Röhre jede Erweiterung oder Zusammenziehung anzeigt, welche in der Luft innerhalb des Gefäßes stattfindet. Man hat gefunden, daß jedesmal, wenn ein Funken zwischen den Messingkugeln hin und hergeht, die Flüssigkeit plötzlich steigt, aber wieder auf ihre frühere Fläche sogleich nach jeder Explosion zurücksinkt, und so erweist, daß die Erweiterung der Luft, die durch einen plötzlichen Durchgang der Elektrizität erzeugt wird, nur von augenblicklicher Dauer ist.

157. Wenn eine starke elektrische Ladung durch einen sehr beschränkten Theil der Luft gesandt wird, so ist die dadurch hervorgerufene Wirkung ebenso beträchtlich, wie diejenige, die wir bei dichteren Flüssigkeiten geäußert gesehen haben. Legt man ein Stück Glasplatte von der Größe eines Quadratzolls und von ½″ Dicke flach auf den kleinen Tisch

in Henley's allgemeinen Entlader, drückt denselben durch ein Gewicht und stellt die Spitzen der gleitenden Drähte einander gegenüber, und gegen die untere Seite des Glases, so daß die Elektrizität darunter durchgeht, so wird die Ladung aus einer großen Flasche das Glas in unzählige Stücke zerbrechen und sogar einen Theil in ein unberührbares Pulver verkleinern. Verstopft man die Mündung eines kleinen Mörsers aus Elfenbein, der eine Höhlung von ½" Durchmesser und 1" Tiefe hat, mit einem Korke, der genau schließt, jedoch ohne viele Reibung, und bringt man zwei Drähte durch die Seiten des Mörsers ein, so daß ihre Spitzen in der Höhlung durch einen Zwischenraum von ungefähr ¼" getrennt sind, so wird eine starke, durch die Drähte gesandte Ladung die Luft in der Höhlung so plötzlich ausdehnen, daß dieselbe den Kork auf einige Entfernung schleudert.

158. Feste Körper von porösem Gefüge, wie Holz, lassen sich durch eine elektrische Ladung leicht zerreißen; werden zwei Löcher in die entgegengesetzten Enden eines Holzstückes von ungefähr ¼" Dicke gebohrt, und die Enden von zwei Drähten in diese Löcher gebracht, so daß deren Spitzen auf die Entfernung eines ¼" von einander stehen; wird ferner alsdann eine starke Ladung hindurch gesandt, so wird das Holz in Stücke zersplittert. Steine, weißer Zucker und andere spröde und unvollkommene leitende Stoffe können in ähnlicher Weise zerbrochen werden. Man lege ein Stück trockenes Schreibpapier auf den Tisch eines allgemeinen Entladers, und drücke nach Entfernung der Kugeln von den Enden der gleitenden Drähte die Spitzen der Drahte gegen das Papier in der Entfernung von 2" von einander, so wird das Papier bei einer starken, durch den Draht entsandten Erschütterung zu Stücken zerrissen. Wird eine Anzahl Oblaten anstatt des Papiers auf den Tisch gelegt, so werden sie in sonderbarer Weise zerstreut und viele derselben in kleine Stücke zerbrochen werden.

159. Ein auffallendes Ergebniß wird durch folgende Abwechslung in den Umständen des letzten Versuches erlangt, wie ihn Lullin machte. Man hänge eine gefirnißte Karte an Silberfäden (Fig. 38) in solcher Weise, daß zwei stumpfe Drähte von den zwei Seiten der Flasche oder Batterie ausgehend, mit den entgegengesetzten Seiten der Karte in Berührung stehen, zugleich aber ½" von einander entfernt sind; man führe die Entladung zwischen den Drähten und der Oberfläche der Karte entlang aus; alsdann wird letztere durchbohrt werden, aber immer auf dem Punkte, wo der Draht, mit der negativen Seite der Batterie in Verbindung

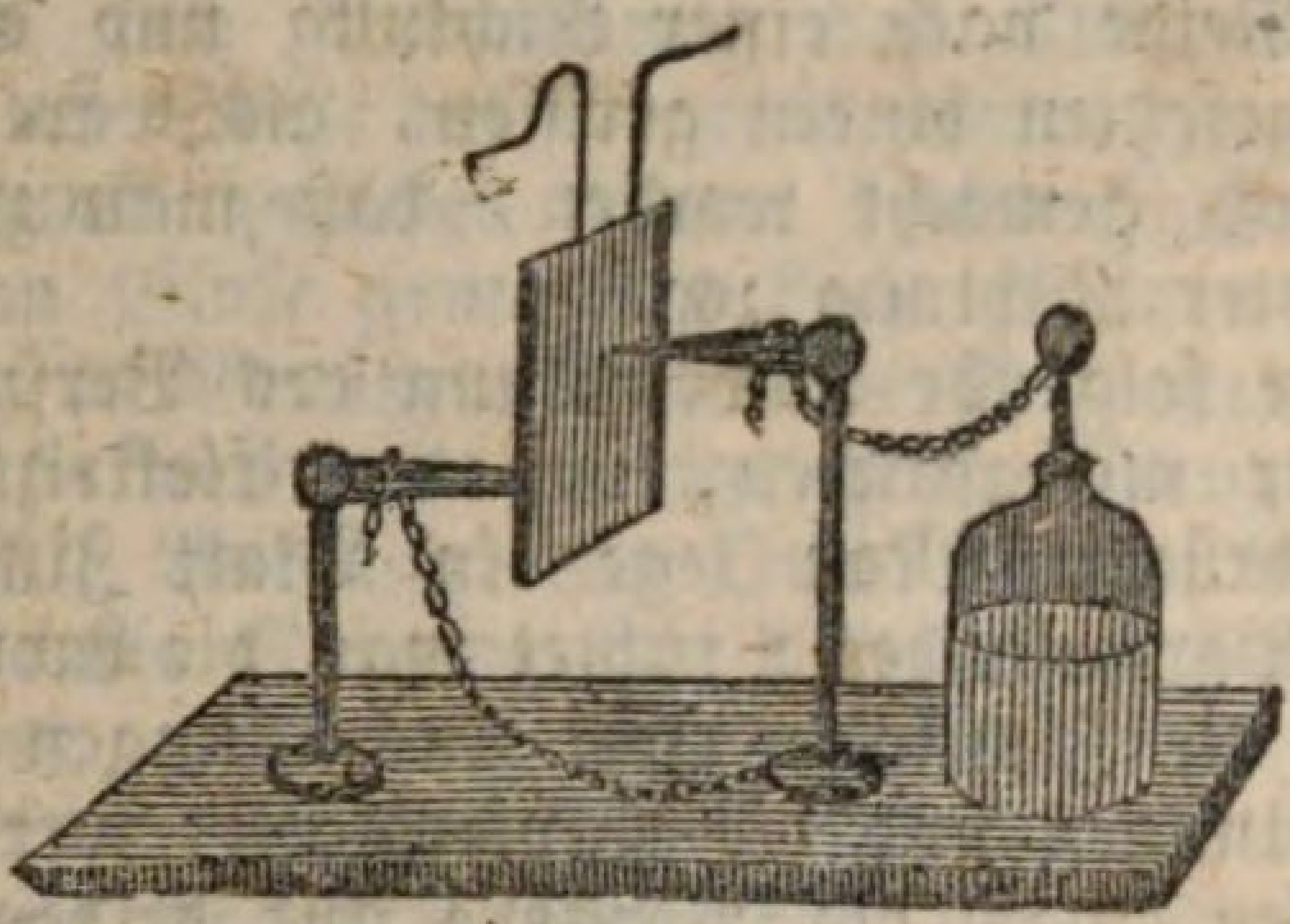


Fig. 38.

stehend, sie berührt hatte. Dieselbe Durchbohrung findet auf diesem Punkte statt, sogar wenn ein Loch vorher auf dem Punkte gemacht worden ist, wo sie vom positiven Drahte berührt wird. Der Lauf der elektrischen Flüssigkeit läßt sich mit mehr Genauigkeit nachweisen, wenn man beide Seiten der Karte vor dem Versuche mit Scharlach färbt, denn alsdann wird die Ladung auf der Karte eine gut bestimmte schwarze Linie von dem Punkte des positiven Drahtes bis zur Durchbohrung zurücklassen; ein unbestimmtes schwarzes Zeichen wird rings um die Durchbohrung und dem negativen Draht zunächst auf der entgegengesetzten Seite zurückbleiben.

160. Wenn die elektrische Entladung in senkrechter Linie durch die Dicke einer Karte geht, welches dadurch geschehen kann, daß man sie gegen den äußeren Ueberzug einer Leydener Flasche legt, und die untere Kugel der entladenden Stange gegen die andere Seite der Karte stellt, so daß deren Dicke zwischen letzterer und zwischen der Zinnfolie ist, und wenn man alsdann die Explosion in der gewöhnlichen Weise ausführt, wie dies Fig. 33 (134) dargestellt ist, so wird die Karte durchbohrt werden. Am Rande der Durchbohrung auf jeder Seite der Karte wird sich ein kleiner Vorstoß vorfinden, der immer größer auf der der Flasche zunächst liegenden Seite wie auf der andern ist, welche der Entladungsstange am nächsten liegt; die erstere ist die negative, letztere die positive Seite; leitet man den Schlag durch ein Buch Papier anstatt einer Karte, so läßt sich der Vorgang dieser Wirkung in verschiedenen Tiefen genau nachweisen. Symmer, der diesen Versuch ersann, beobachtete, daß die unebenen Ränder meist nach außen von dem Körper des Papierbuches gerichtet waren. Bei Untersuchung der Blätter im Besondern jedoch fand er, daß die Ränder der Löcher regelmäßig in zwei verschiedenen Richtungen, und am auffallendsten um die Mitte des Buches gebogen waren. Ein Rand jedes Loches war in

der ganzen Reihe nach einer Richtung und der andern in der entgegengesetzten hinein gerissen, als wäre das Loch im Papier dadurch gemacht worden, daß man zwei Fäden in entgegengesetzter Richtung zog.

161. Die folgende Abwechslung des Versuchs erläutert die Natur der mechanischen, von der Elektrizität hervorgebrachten Eindrücke. Man lege ein Blatt Zinnfolie in die Mitte eines Papierbuches; richtet man die Ladung hindurch, so empfängt die Zinnfolie zwei Auszackungen in entgegengesetzten Richtungen und die Papierblätter werden in solcher Weise zerrissen, daß die Vorstöße auf beiden Seiten der Zinnfolie nach den Außenseiten des Drahtes gerichtet sind; die Auszackungen in der Zinnfolie und die Vorstöße im Papier aber haben entgegengesetzte Richtungen. Wenn man ein anderes Papierbuch nimmt und zwei Zinnfolien hineinlegt, so daß dieselben von den zwei mittleren Blättern des Buches getrennt werden, so zeigt sich das Ergebniß, daß alle Blätter, mit Ausnahme der zwei innerhalb der Zinnfolie, durchbohrt sind und auf diesen zwei Blättern finden sich zwei Eindrücke oder Auszackungen in entgegengesetzten Richtungen.

162. Die von uns beschriebenen mechanischen Wirkungen sind oft nicht allein als Beweise für die materielle Natur der elektrischen Flüssigkeit, sondern auch als bestimmte Anzeigen über die Richtung ihrer Bewegung gebraucht worden, je nachdem die eine oder andere der zwei Theorien der Elektrizität angenommen worden ist; allein dies ist ein Gegenstand, den wir für spätere Behandlung vorbehalten.

163. Der Bruch des Glases durch eine elektrische Explosion ist schon erwähnt worden (129). Es sind jedoch noch einige damit verbundene Umstände zu erwähnen; die Ränder des zerbrochenen Theiles scheinen an der positiven Seite sehr bestimmt, an der negativen aber sind sie zersplittert, wie man dies von dem Uebergang eines materiellen wirkenden Mittels von dem ersteren zum letzteren vermuthen sollte. Auch ist es auffallend, daß eine Durchbohrung in Glas durch eine sehr mäßige Entladung ausgeführt werden kann, wenn das Glas in Verbindung mit Oel oder Siegellack ist. Z. B. wenn eine kleine Flasche oder eine an einem Ende verschlossene Glasröhre mit Olivenöl gefüllt und ein gespitzter, im rechten Winkel gebogener Draht, welcher durch einen in die Mündung der Flasche oder Röhre passenden Kork hindurchgeht, in die Flasche oder Röhre hineingebracht wird, so daß die Spitze jeden Theil der Innenseite unter der Oberfläche des Oeles berühren kann; so wird man nach Aufhängung des Geschirres mit dem Draht an den Hauptconduktor einer Elektrisir-

maschine und nach Anbringung des Knöchels oder einer Messingkugel der Spitze des Drahtes innen genau gegenüber, so daß ein Funke zwischen ihnen hindurchgehen kann, ein kleines in dem Glase gemachtes Loch erkennen; wenn man so den Draht in Berührung mit verschiedenen Theilen des Glases bringt, kann man so eine große Menge Löcher hineinmachen. Die Wirkung des Oels scheint hier dahin zu gehen, daß sie die Neigung der elektrischen Flüssigkeit, auseinanderzugehen, zurückhält und daß sie die ganze Kraft der Ladung auf einen einzigen Punkt zusammendrängt.

164. Dies Abstoßungsbestreben ist auch von Priestley durch folgenden Versuch erläutert worden. Wenn eine reine Messingkette, vorher in geschmolzenes Harz getaucht, auf Papier gelegt und die Ladung einer Batterie von wenigstens 32 Quadratfuß hindurchgesandt wird, so wird der harzige Ueberzug von jedem Theil der Kette abgestoßen und dieselbe wird vollkommen rein und frei von Harz bleiben. Wird eine Messingkette auf ein Stück Glas gelegt und eine ähnliche Ladung hindurchgesandt, so wird das Glas auf schöne Weise auf jedem Theil seiner Oberfläche gezeichnet, wo dieselbe mit der Kette berührt worden war, wobei jeder Punkt die Weite und Farbe des Gliedes hat; an der Außenseite dieser Zeichnung läßt sich das Metall vom Glase abkratzen, in dem mittleren Theile aber ist es in die Poren des Glases gedrungen. Priestley theilte eine ähnliche Farbe dem Glase vermittelst einer Silberkette und kleiner Stäbe anderer Metalle mit. Es gelang ihm aber nicht bei großen Stäben.

165. Die Wirkung angehäufter Elektrizität auf Metallkörper ist meist auf die Wirksamkeit der Wärme zu beziehen, welche beim Durchgang entsteht. Die Erscheinungen jedoch zeigen in manchen Fällen eine Wirkung anderer Kräfte an. Durch die Durchlassung wiederholter Schläge, welche nicht stark genug sind, um Schmelzung oder Entzündung zu veranlassen, läßt sich eine bleibende Formveränderung erzeugen, die nicht allein aus der Wärme hätte entstehen können. Priestley und Nairne fanden durch Versuche, daß eine Kette, durch welche eine elektrische Ladung hindurchgegangen ist, eine Verminderung ihrer Länge erhält. Ein Stück harten, gezogenen Eisendrahtes, 10 Zoll lang und $^1/_{100}$ Zoll im Durchmesser, verlor nach 15 Entladungen $^1/_{10}$ Zoll. Die Vermehrung der Dicke schien im Verhältniß zur Zusammenziehung der Länge zu stehen, denn der Draht hatte keinen merkbaren Verlust an Gewicht während des Versuchs erlitten. Ein übersilberter Kupferdraht von denselben Größenverhältnissen wie der frühere, erlitt durch dieselbe Behandlung eine Ver-

minderung der Länge, die um $^2/_3$ eben so bedeutend war wie die des Eisendrahtes. Andererseits wird die Länge des Drahtes, wenn die Schläge durch einen Draht überliefert werden, woran ein Gewicht hängt, so daß er beträchtliche Spannung erhält, in dem erwähnten Versuch vermehrt statt vermindert. Dies geschieht offenbar durch den Einfluß der Wärme, welche den Durchgang der Elektrizität begleitet, den Zusammenhang der Metalltheilchen vermindert und sie geneigt macht, der ausdehnenden Kraft nachzugeben, welche das Gewicht liefert.

§. 2. Entwicklung der Wärme durch Elektrizität.

166. Die Entzündung und Schmelzung der Metalle durch elektrische Entladung sind lang beobachtete Erscheinungen. Geht eine starke Ladung durch dünne Eisendrähte, so werden dieselben glühend und zum Theil zu Kügelchen geschmolzen. Früher glaubte man, daß sehr starke Batterien nothwendig wären, um diese Wirkung hervorzubringen; ist aber der Draht fein genug, so ist die Elektrizität einer einzigen Flasche von mäßiger Größe hinreichend, um diese Erscheinung darzustellen. Das beste Material, um diese Wirkung hervorzubringen, ist der feinste, abgeplattete Stahl, der in einem Laden für Uhrmachergeräthe unter dem Namen „Uhrpendeldraht" verkauft wird. Van Marum hat eine Angabe über die Länge der Drahte von verschiedenen Durchmessern und verschiedenen Metallen mitgetheilt, zu deren Schmelzung seine gewaltige Maschine ihn befähigte; wenn die Drähte auf $^1/_{32}$″ im Durchmesser gezogen waren, so konnte er 120″ Bleidraht und denselben Betrag von Zinndraht schmelzen; ferner 5″ Eisendraht, 3$^1/_2$″ Golddraht und nur $^1/_4$″ Silber-, Kupfer- und Messingdraht.

167. Nach den Versuchen von Brooke und Cuthbertson hat man geschlossen, daß die Länge eines so durch elektrische Entladung geschmolzenen Drahtes verschieden ist, wie das Quadrat des Betrages angeregter Elektrizität, welche hindurchgesandt wird; so werden zwei Flaschen, auf gleiche Weise beladen, viermal die Länge des Drahtes schmelzen, den eine Flasche schmelzen würde.

168. Während die elektrische Batterie so die Schmelzung und in einigen Fällen sogar die Verflüchtigung der Metalle bewirkt, scheinen die Erscheinungen auch die Wirkung der vorwärtstreibenden oder zerstreuenden Kräfte anzuzeigen, als besitze die bei der Erzeugung betheiligte Kraft ein großes mechanisches Moment. So werden die dichtesten Metalle durch den Durchgang angehäufter Elektrizität zer-

rissen und in 5 Theilchen aus einander geworfen oder zerstreut. Legt man ein Stück Gold- oder Silberplättchen auf weiß Papier und läßt man einen starken Schlag hindurchgehen, so wird das Metall mit einem glänzenden Blitz verschwinden, und der Stoß, womit die Theilchen gegen das Papier getrieben wurden, wird einen bleibenden Flecken von Purpur oder grauer Farbe erzeugen. Franklin fand, daß die Explosion, wenn das Metallplättchen zwischen zwei fest zusammengebundenen Glasscheiben gebracht wird, vorausgesetzt, das Glas widersteht der Erschütterung, auf jeder Oberfläche einen unvertilgbaren Flecken zurückläßt, eine Folge des Umstandes, daß einige Metalltheilchen in die Substanz des Glases eingezwängt und dadurch den chemischen Auflösungen unzugänglich werden, die man auf der Oberfläche anbringt. Bisweilen findet man, daß diese Metallflecken sich auf eine größere Entfernung wie die Breite des Metallstückes ausdehnen. Oft jedoch geschieht es, daß die Metallstücke selbst durch die Entladung zerstreut werden.

169. Die durch elektrische Explosion von Metallen erzeugten Farben sind angewandt worden, um Buchstaben oder verzierende Muster auf Seide oder Papier einzudrücken. Zu dem Zweck gibt Singer die Anleitung, daß der Umriß der Figur zuerst auf dickem Zeichnenpapier entworfen und nachher in der Weise ausgeschnitten wird, wie man Patronen zu Tapeten, Spielkarten u. s. w. verfertigt. Das Zeichnenpapier wird alsdann auf die zu bezeichnende Seide oder Papier gelegt; man legt darüber ein Goldplättchen und hierüber eine Karte; das Ganze wird alsdann unter eine Presse oder unter ein Gewicht gestellt und eine Ladung einer Batterie durch das Goldplättchen hindurchgesandt. Der Flecken wird durch die Zwischenlage des Zeichnenpapiers auf die Grenze der Zeichnung beschränkt und auf diese Weise kann man ein Profil, eine Figur oder einen anderen Umriß sehr schön eindrücken.

170. Die durch Wärme entwickelte Elektrizität steht wie die meisten anderer Wirkungen der Elektrizität im Verhältniß zum Widerstande, die ihr beim Durchgang geboten wird. Je geringer das Leitungsvermögen eines Metalls ist, desto größer ist derjenige Theil, den derselbe Schlag entzünden oder zerstören kann. Eine Eisenstange von beträchtlicher Dicke, welche einen Theil einer Kette von Leitern bildet, erlangt durch wenige Entladung eine merkbare Vermehrung der Temperatur. Sehr verbrennbare Körper können durch Elektrizität stark entzündet werden, besonders aber wenn sie in der Form eines Funkens oder eines Schlages auf sie einwirkt, den

man durch einen unterbrochenen Umlauf, z. B. wenn eine Luftschichte dazwischen liegt, erhält. Auf diese Weise kann Alkohol, Aether, Kampher, gepulvertes Harz oder Schießpulver entzündet werden. Die Entzündung vom Terpentinöl wird dadurch befördert, daß man feine Theile von Messingspänen darauf streut. Ist der Weingeist nicht stark rektifizirt, so ist es meist nothwendig, ihn zu erwärmen, und dieselbe Vorsicht muß auch mit anderen Flüssigkeiten, wie Oel oder Pech getroffen werden. Bei Aether jedoch ist dies nicht nothwendig, weil sich derselbe sehr leicht entzündet. Andererseits scheint auch die Temperatur des Körpers, der den Funken mittheilt, keinen sichtbaren Einfluß auf die von ihm erzeugte Wärme zu haben. Die Funken, die man aus einem Stück Eis erhält, können ebenso wohl Körper entzünden, wie die aus rothglühenden Eisen erhaltenen. Auch wird die erwärmende Kraft der Elektrizität im kleinsten Grade gemindert, wenn sie durch eine Anzahl gefrorener Mischungen geleitet wird, welche die Wärme aus den umgebenden Körpern sehr schnell einsaugen.

171. Licht wird ebenso wie Wärme während der elektrischen Entladung auf jedem Punkte entsandt, wo die Leiter für den Durchgang unterbrochen sind, oder wo Körper von untergeordnetem Leitungsvermögen sich vorfinden. Eine mäßige Ladung wird einen glänzenden Funken hervorbringen, wenn sie durch Wasser geht; der Funken ist leuchtender in Oel, Alkohol oder Aether, die schlechtere Leiter wie Wasser sind; in Flüssigkeiten dagegen von höherem Leitungsvermögen findet sich größere Schwierigkeit in Hervorlockung elektrischen Lichtes. So wird eine stärkere Ladung erheischt, um einen Funken im heißen Wasser hervorzubringen; eine noch höhere Ladung ist in Salzauflösungen nothwendig; in conzentrirten Säuren kann man nur dann Licht erhalten, wenn der Umfang sehr gering ist, so daß es zu dem Zweck nothwendig ist, eine Linie der Säure auf einer Glasplatte mit einem Pinsel aus Kameelhaaren zu ziehen. Dies wird durch folgenden von Singer erwähnten Versuch erläutert: Man ziehe eine Linie mit einer in Wasser getauchten Feder auf ein Glasstück; man bringe ein Ende der Linie in Berührung mit dem Ueberzug einer Leydener Flasche, und stelle auf 6″ Entfernung von der Linie eine Kugel der Entladungsstange; wenn die Flasche vollkommen geladen ist, halte man die Kugel des Entladers zu dem Knopf der Flasche hin und die Entladung wird sogleich über 6″ des Wassers leuchten. Alsdann ziehe man eine Linie mit einer in Schwefelsäure getauchten Feder über ein Glasstück, wie beim früheren Ver-

suche, und bringe ein Ende davon mit der Außenseite der Flasche in Berührung; die Kugel des Entladers kann alsdann vom Glas 12′ entfernt sein, und die elektrische Flüssigkeit wird ebenso glänzend über diesen Zwischenraum hinaus, wie über 6″ Wasser gehen. Wenn die Linie der Flüssigkeit an einem besonderen Theile breiter ist, wird das Licht der Entladung in beiden Versuchen weniger glänzend scheinen, wenn es durch diesen Theil hindurchgeht. Dies muß aus der größeren Vertheilung der Flüssigkeit entstehen, wenn dieselbe über einen ausgedehnten Leiter, wie wenn sie über einen engen gelangt.

§. 3. Chemische Wirkung der Elektrizität.

172. Die Elektrizität übt einen ausgedehnten, und wichtigen Einfluß in Bewirkung von Veränderungen der chemischen Zusammensetzung der Körper; da jedoch dieser Einfluß am merkbarsten in der Wirksamkeit geäußert wird, welcher unter dem Namen Galvanismus bekannt ist, so wird der Gegenstand zweckmäßiger auf die Behandlung dieses Zweiges der Elektrizität beschränkt. Gegenwärtig begnügen wir uns mit Angabe weniger Beispiele, welche die chemischen Wirkungen der Elektrizität in den Formen äußert, die wir bis jetzt dargestellt haben.

173. Einige chemische Veränderungen, welche auf gewaltige elektrische Explosion folgen, scheinen allein die Wirkungen der Wärme zu sein, welche sich bei diesem Vorgange entwickelt. Die Oberflächen metallischer Körper, durch welche angehäufte Elektrizität hindurch geleitet wird, werden häufig oxydirt; dies ist besonders bei Drähten der Fall, welche durch elektrische Entladung geschmolzen oder verflüchtigt werden. Man weiß, daß stark erhitzte Metalle eine Neigung haben, sich mit dem Sauerstoff der Atmosphäre zu verbinden, und folglich den Zustand der Oxyde anzunehmen; es ist deßhalb einfacher, diese Wirkung einer Ursache zuzuschreiben, wovon man weiß, daß sie in demselben Augenblicke wirkend ist, als daß man eine besondere Wirksamkeit der Elektrizität hierbei annimmt. Man kennt eine Menge von Versuchen, worin die theilweise Oxydation der Metalle durch elektrische Explosionen veranlaßt wurde. Dieser Gegenstand ist mit genauer und fleißiger Aufmerksamkeit von van Marum, Cuthbertson und später von Singer erforscht worden. Letzterer hat beobachtet, daß die auf diese Weise erzeugten Metalloxyde aus bestimmten Theilen verschiedener Grade von Feinheit zu bestehen scheinen. Findet sich eine Explosion bei einem Drahte in einem Recipienten, so fällt ein Theil des Oxydes

sogleich zu Boden, ein anderer Theil bleibt aber eine beträchtliche Zeitlang in der Luft hängen und fällt zuletzt allmählig zu Boden. Wahrscheinlich erläutert dieser Umstand zum Theil die verschiedenen Farben der Oxyde, die in dicht verschlossenen Recipienten und in der offenen Luft gebildet werden, denn in dem letzteren Falle geht ein Theil des Oxydes immer verloren.

174. Unter anderen Umständen äußert Elektrizität ein Vermögen, welches gerade das Gegentheil des erwähnten ist, denn sie zersetzt Metalloxyde, indem sie den Sauerstoff herauszieht und den metallischen Zustand wieder herstellt. Dies Vermögen, Oxyde wieder in Metalle zu verwandeln, war schon mehren der ersten Physiker bekannt, welche die Elektrizität behandelten. Beccaria verwandelte die Oxyde von Zinn und Quecksilber durch Elektrizität wieder in den früheren Zustand. Um diese Wirkung hervorzurufen, kann man irgend einen Betrag von Oxyd in eine Glasröhre bringen, und gespitzte leitende Drähte durch die Korke an dem entgegengesetzten Ende der Röhre einführen, so daß ein Theil des Oxydes zwischen ihnen zu liegen kömmt. Diese Vorrichtung ist alsdann auf den Tisch des allgemeinen Entladers zu stellen (136), und wiederholte Schläge sind durch das Oxyd hindurchzusenden, bis eine theilweise oder gänzliche Verwandlung vollbracht ist. Zinnober, der aus Schwefel und Quecksilber besteht, ist durch diesen Vorgang sehr leicht bei einer mäßigen Ladung zu zersetzen.

175. Wenn eine Aufeinanderfolge elektrischer Entladungen aus einer sehr gewaltigen Elektrisirmaschine durch Wasser hindurchgesandt wird, so erfolgt eine Zersetzung dieser Flüssigkeit in seine zwei Elemente, Wasserstoff und Sauerstoff. Diese Thatsache ist 1789 von Dieman, Paetz und van Troostwyck entdeckt worden, die in Holland eine Gesellschaft zu physischen Versuchen gebildet hatten, und vervollständigte die Reihe von Zeugnissen, welche die große von Cavenish fünf Jahre früher gemachte Entdeckung über die Zusammensetzung des Wassers bestätigten; die erwähnten holländischen Chemiker, welche sich nebst Cuthbertson mit Erforschungen der Wirkungen der Elektrizität beschäftigten, wenn dieselbe durch verschiedene Körper hindurchgeht, wünschten deren Wirkungen auf reines Wasser zu erkennen. Sie gebrauchten zu dem Zweck eine Vorrichtung, welche aus einer Glasröhre von 12″ Länge und 1/8″ Durchmesser bestand, durch deren eines Ende ein Golddraht eingefügt war, der ungefähr 1 1/2″ in die Röhre hineinragte; dies Ende ward hermetisch verschlossen. Ein anderer Draht ward dann am anderen Ende

der Röhre eingeführt, welches offen blieb, und ging aufwärts, so daß sein Ende auf die Entfernung von $^5/_8$" von dem Ende des ersteren Drahtes sich befand. Die Röhre wurde alsdann mit destillirtem Wasser gefüllt, welches man durch eine gute Luftpumpe vom Wasser befreit und in ein Gefäß mit Quecksilber umgekehrt hatte; etwas atmosphärische Luft wurde an der Spitze der Röhre eingeführt, um zu verhindern, daß sie durch die Leitung zersprang. Elektrische Schläge wurden alsdann zwischen die beiden Ende der Drähte durch das Wasser in die Röhre vermittelst einer Leydener Flasche geleitet, die einen Quadratfuß überzogene Oberfläche hatte. Diese Flasche war mit einer sehr kräftigen doppelten Scheibenmaschine geladen worden, welche dieselbe 25mal in fünfzehn Umdrehungen entladen ließ. Bei jeder Entladung bildeten sich Luftblasen und erhoben sich bis zur Spitze der Röhre. Sobald eine genügende Masse gesammelt war, um das obere Ende des Drahtes vom Wasser unbedeckt zu lassen, so daß der Schlag jetzt durch einen Theil der gemischten Gase hindurchging, wurden dieselben sogleich entzündet; eine Wiedervereinigung der Elemente trat ein, Wasser bildete sich wieder, und der von ihnen eingenommene Raum ward sogleich mit Flüssigkeit von unten gefüllt, so daß alles wieder in den Zustand kam, der beim Beginn des Versuches stattgefunden hatte. Die verschiedendsten chemischen Versuche legten dar, daß die so erhaltenen Gase aus der Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff bestanden.

176. Es mag etwas sonderbar scheinen, daß dieselbe Wirksamkeit im Laufe desselben Versuches zuerst Zersetzung und dann Verbindung hervorbringe. Die einfachste Weise, die den scheinbaren Widerspruch ausgleichen, besteht in der Vermuthung, daß die Verbindung der Gase die Wirkung der Wärme ist, die sich während des erzwungenen Durchgangs durch eine luftförmige Flüssigkeit entwickelt, welche dem Durchgang einen beträchtlichen Widerstand entgegensetzt, während die Zersetzung der Flüssigkeit, die unmittelbare Folge der Wirkung der Elektrizität ist, wenn die Wärme keinen Antheil daran hat.

177. Bis vor Kurzem hielt man es für nothwendig, gewaltige Maschinen und große Flaschen anzuwenden, um die Zersetzung des Wassers durch Elektrizität zu erlangen, man glaubte, daß der bloße Funke einer gewöhnlichen Maschine zu dem Zweck nicht geeignet sei. Wollaston hat jedoch zur Genüge dargethan, daß kein wesentlicher Unterschied in der Wirkung dieser beiden Elektrizitätsformen stattfindet. Dieser ausgezeichnete Physiker erkannte mit seinem gewöhn-

lichen Scharfblick, daß die Zersetzung davon abhänge, daß man die Kraft der Ladung in ein gehöriges Verhältniß zum Betrag des Wassers setze, und daß der ihrer Wirksamkeit auf der Mittheilungsoberfläche ausgesetzte Betrag von der Ausdehnung dieser Oberfläche abhängig ist. Er schloß daraus, daß die Zersetzung des Wassers durch kleinere Maschinen und mit einer weniger kräftigen Erregung bewirkt werden könne, wenn man die Mittheilungsoberfläche verkleinere. Nachdem er sich einen kleinen Golddraht verschafft und demselben eine so feine Spitze wie möglich gegeben hatte, brachte er ihn in einer Haarröhre von Glas ein; nach Erwärmung der Röhre, so daß sie sich an die Spitze hängte und dieselbe auf jedem Theile bedeckte, schliff er dieselbe unten ab, bis er mit einem Linsenglase unterscheiden konnte, daß die Goldspitze ausgesetzt sei. Ließ man Funken aus einen Hauptconduktor einer Elektrisirmaschine durch Wasser, vermittelst einer so geschützten Spitze hindurchgehen, so konnte ein Funken, der sich auf $^1/_8$ Zoll ausdehnte, Wasser zersetzen, wenn die ausgesetzte Spitze selbst nicht mehr im Durchmesser wie $^7/_{100}$ Zoll betrug. Mit einer anderen Spitze, die auf $^1/_{1500}$ Zoll angeschlagen wurde, bildete eine Aufeinanderfolge von Funken in der Länge $^1/_{20}$ Zoll, ein Strom von kleinen Luftblasen. Mit einem noch feineren Goldfaden entwickelte der bloße Strom der Elektrizität ohne sichtbare Funken Gase aus Wasser.

178. Wenn eine Auflösung von schwefelsaurem Kupfer der Wirkung der Elektrizität vermittelst dieser dünnen Leitung Drähte unterworfen wurde, so ward das Metall um den negativen Draht wieder hergestellt; als aber die Richtung des Stromes umgekehrt ward, so daß derselbe Draht positiv elektrisirt wurde, wurde das darum angesammelte Kupfer wieder aufgelöst und ein ähnlicher Niederschlag auf dem entgegengesetzten Drahte abgelagert, welcher jetzt der negative war. Aehnliche mit anderen metallischen Auflösungen gemachte Versuche waren mit entsprechenden Ergebnissen begleitet, indem der negative Draht den Sauerstoff von seinen Verbindungen trennte und der positive ihn immer anzog, so wie seine Vereinigung mit den dargebotenen Grundlagen bewirkte. Bei der Auflösung von Neutralsalzen wurden die alkalinischen und erdigen Grundlagen von dem negativen, die Säuren von dem positiven Drahte angezogen. Die Versuche von Sir Humphry Davy haben diese Ergebnisse so weit sie die chemische Wirkungen gemeiner Elektrizität betreffen, bestätigt. Da dieser Gegenstand aber sich mehr unmit-

telbar auf Chemie und Galvanismus bezieht, so ist hier nicht der Ort, weitläufig darüber zu reden.

179. Die magnetischen Wirkungen der Elektrizität werden ebenfalls der Gegenstand einer besondern Darlegung sein, da sie jetzt einen neuen Zweig der Wissenschaft, unter dem Titel: Elektoro-Magnetismus bilden.

§. 4. Wirkung der Elektrizität auf Thiere.

180. Da die Wirkungen der Elektrizität auf leblose Materie verschiedener Art sind, so wird man zu der Erwartung geführt, daß ihre Wirkung auf lebendige Körper noch verwickelter ist, denn neben der mechanischen und chemischen Wirksamkeit kann auch kaum diejenige ausbleiben, welche beträchtlichen Einfluß auf die Lebenskräfte, besonders aber auf die Verrichtung des Nervensystems ausübt. Es ist unnöthig, die Empfindungen zu beschreiben, die in dem Körper durch den Empfang elektrischer Funken oder Schläge erregt werden, da die meisten Personen der Gegenwart damit bekannt sind. Gegenwärtig ist es jedoch interessant, auf die Weise zurückzublicken, womit die Wirkung der Leydener Flasche bei ihrer ersten Entdeckung verkündet wurden. Die Physiker, welche den Schlag, der die Entsendung einer elektrischen Entladung begleitet, zuerst an ihren eigenen Körpern empfanden, erhielten einen solchen Eindruck des Erstaunens und Schreckens bei diesem neuen Gefühle, daß sie die lächerlichsten und übertriebensten Berichte über ihre Empfindungen bei dieser Gelegenheit bekannt machten. Muschenbroeck berichtet, er habe so furchtbare Erschütterung in Arm, Schultern und Herz empfunden, daß er den Athem verlor und sich erst nach zwei Tagen erholte. Er erklärte auch, man werde ihn nicht bewegen können, einen zweiten Schlag zu empfangen, sollte man ihm auch das ganze Königreich Frankreich dafür anbieten. Allemand berichtet, der Schlag habe ihm mehre Minuten lang den Athem benommen und nachher einen so heftigen Schmerz im rechten Arm erzeugt, daß er ernstliche Folgen besorgte. Winkler erzählt, daß sein ganzer Körper in Zuckungen gerathen sei; sein Blut sei so heftig erregt worden, daß er ein Fieber bekommen haben würde, hätte er nicht bei Zeiten Mittel dagegen angewandt; er gibt an, daß der Schlag ein andermal bei ihm ein heftiges Nasenbluten verursachte; dieselbe Wirkung äußerte sich bei seiner Frau, welche dadurch beinahe unfähig zum Gehen wurde. Diese sonderbaren Berichte erregten natürlich die Aufmerksamkeit und Verwunderung aller Volksklassen; Gelehrte wie Ungelehrte wünschten gleicherweise ein so sonderbares Gefühl

zu empfinden, und eine große Anzahl halbgelehrter Physiker reisten in Europa mit Elektrisirmaschinen herum, um diese allgemeine Neugier zu befriedigen.

181. Da die elektrische Flüssigkeit wahrscheinlich ein größeres Hinderniß im Durchgang von einer Knochenoberfläche zur anderen an den Theilen findet, wo die Fortlaufung der Substanz durch die Gelenke unterbrochen ist, so erklärt dieser Umstand, weßhalb der Stoß oft besonders an den Gelenken mehr wie an einem Theile der Glieder gefühlt wird. Ist aber der Schlag hauptsächlich durch Muskeln geleitet, so zeigen sich die Wirkungen besonders durch Erregung einer krankhaften und unwillkürlichen Thätigkeit dieser Muskeln. Dies bemerkt man bei gelähmten Gliedern, wenn elektrische Schläge hindurch gesandt werden, wobei die Nerven des Gliedes Eindrücke, welche Gefühl erregen, nicht übertragen können. Morgan gibt an, daß die plötzliche Zusammenziehung der Athmungsmuskeln, wenn man das Zwergfell in dem Durchlaufsmittel einer überzogenen Oberfläche von zwei Fuß Ausdehnung, welche vollkommen geladen ist, einschließt, so heftig auf die Luft in den Lungen wirken wird, daß ein lauter unwillkürlicher Ausruf entsteht; ist aber die Ladung nur gering, so wird ein krampfhaftes Lachen erregt, welches einen possenhaften Eindruck auf die Nebenstehenden macht.

182. Auf das Nervensystem jedoch wird die beträchtlichste Wirksamkeit der Elektrizität geübt. Eine starke, durch den Kopf gehende Ladung gab Singer das Gefühl eines heftigen und allgemeinen Schlages und wurde von vorübergehendem Verlust des Gedächtnisses und undeutlichem Gesicht begleitet. Wenn eine Ladung durch den Kopf eines Vogels gesandt wird, so erleidet dessen Sehnerv gewöhnlich Beschädigung und Blindheit tritt ein. Ein ähnlicher, größeren Thieren gegebener Schlag erzeugt einen zitternden Zustand der Muskeln bei allgemeiner Erschlaffung der Kraft. Wenn eine Person stehend eine Ladung durch das Rückenmark erhält, so verliert sie ihre Kraft über die Muskeln bis zu solchem Grade, daß sie entweder auf die Knie sinkt oder der Länge nach auf den Boden fällt. Ist die Ladung stark genug, so wird sie augenblicklichen Tod, wahrscheinlich wegen der plötzlichen Erschöpfung aller Nervenkräfte, veranlassen. Kleine Thiere, wie Mäuse und Sperlinge, werden sogleich durch einen Schlag von einem Quadratzoll Glas getödtet. Van Marum fand, daß Aale des Lebens beraubt werden, wenn man den Schlag durch ihren ganzen Körper leitet; wenn jedoch nur ein Theil ihres Körpers in dem Umlauf einbe-

griffen ist, so bleibt die Zerstörung der Reizbarkeit auf diesem einzelnen Theil beschränkt, während der übrige Theil die Bewegung beibehält. Verschiedene Personen erleiden durch die Einwirkung der Elektrizität einen sehr verschiedenen Einfluß, je nachdem ihre besondere Körperbeschaffenheit dafür empfänglich ist. Young bemerkt, daß ein kleines Zittern, den am meisten elastischen Theilen des Körpers mitgetheilt, besonders in der Brust eine Bewegung der Nerven erzeugt, welche der Wirkung einer schwachen Elektrizität nicht gänzlich ungleich ist.

183. Die Körper der durch Elektrizität getödteten Thiere erleiden eine schnelle Fäulniß und die Wirkung der Elektrizität auf das Fleisch der Thiere beschleunigt auch diesen Fortgang in bemerkenswerther Weise. Dieselbe Wirkung ist in den Körpern von Personen beobachtet worden, die durch Blitz erschlagen sind. Ferner ist es als gewiß erkannt worden, daß das Blut in Todesfällen durch elektrische Schläge nicht gerinnt.

184. Man hat noch nicht als gewiß herausgestellt, ob die Elektrizität, wie sie in der gewöhnlichen Weise angebracht wird, einen sichtbaren Einfluß auf die thierischen Verrichtungen des Systems übt. Der Abbé Nollet bildete sich auf Versuchen, die er an Menschen und Thieren gemacht hatte, ein, die Ausdünstung werde in der Zeit, worin dieselben elektrisirt wurden, gesteigert. De Bozes hatte beobachtet, daß der Pulsschlag unter demselben Umstand gesteigert werde. Als aber Van Marum diese Versuche in verschiedener Weise wiederholte, erhielt er so abwechselnde und widersprechende Ergebnisse, daß er daraus keinen genügenden Schluß über die wirkliche Wirkung der Elektrizität sich bilden konnte. Beachten wir auch den gewaltigen Einfluß der Einbildungskraft, der bei den meisten, solchen Versuchen ausgesetzten Personen und bei den Zuschauern stattfindet, so scheint jetzt noch wenig Möglichkeit vorhanden, daß man unter so vielen Veranlassungen zur Täuschung leicht zur Wahrheit gelangen kann. Vielleicht besteht die einzige sichere Thatsache nur darin, daß Elektrizität als Reizmittel auf Muskeln und Nervensystem wirkt.

185. Als man die kräftigen Wirkungen des Schlages der Leydener Flasche zuerst erkannte, hegte man übertriebene Hoffnungen, die Wirkung der Elektrizität würde sich als ein gewaltiges Heilmittel in der Heilung von Krankheiten erweisen. Man glaubte, daß die Elektrizität als Reizmittel einen großen Vortheil vor anderen Arzneimitteln voraushabe, denn sie lasse sich in verschiedenen Graden von Kraft anwenden, die

man mit großer Genauigkeit bestimmen könne; ihre Anwendung lasse sich besonders auf die Organe leiten, auf die man einwirken wolle, und lasse sich in der Weise auf diese Organe beschränken, daß sie auf die Verrichtungen des allgemeinen Systemes keinen Einfluß übe. Somit finden wir, daß die Elektrizität zu einer Zeit als ein sehr wirksames Gegenmittel gegen Krankheiten galt; gegenwärtig aber wird sie nur bei wenigen angewandt. Man wendet sie an in der Lähmung, bei contrakten Gliedern, bei Rheumatismus, Veitstanz, einigen Arten Taubheit und verschlechtertem Gesicht an; man hat sie auch angewandt, um Geschwülste zu zertheilen, Verstopfungen zu entfernen und Schmerz zu erleichtern.

186. Die Elektrizität läßt sich medizinisch auf vier verschiedene Weisen anwenden. Die erstere und sanfteste besteht aus der Form eines fortlaufenden Stromes (aura), der aus einem Draht oder gespitztem Holzstück hervorgeht, das mit dem Hauptconduktor einer Maschine verbunden ist und in der Entfernung von 1—2″ ven demjenigen Theile gehalten wird, worauf man den Strom leiten will; man empfindet alsdann einen Eindruck, der einem Luftstrom ähnlich ist, und auf diese Weise läßt die Elektrizität sich zu Theilen von großer Empfindlichkeit, z. B. auf das Auge, leiten. Die zweite Art besteht darin, daß man Funken von verschiedener Größe auf den leidenden Theil vermittelst einer Metallkugel am Ende einer Messingstange richtet, die in mäßiger Entfernung vom Theile sich befindet, oder daß man den Kranken auf einen Isolirstuhl stellt und durch eine andere Person mit einer Metallkugel am Ende einer Stange, welche dieselbe in der Hand hält, Funken aus ihm herausziehen läßt. Die Größe und Kraft des Funkens wird natürlich durch die Entfernung bedingt, worin die Kugel vom Körper sich befindet, vorausgesetzt, daß man die Maschine bleibend in Bewegung setzt. Die dritte Art besteht in den Schlägen durch Entladung einer Leydener Flasche; dies ist natürlich die schmerzhafteste und heftigste Weise der Anwendung von Elektrizität. Große Vorsicht wird bei Anwendung dieser letzteren Methode erfordert, die nicht gänzlich frei von Gefahr ist. Die vierte Art besteht in Anwendung des Galvanismus, die wir nachher behandeln werden.

§. 5. Wirkung der Elektrizität auf Pflanzen.

187. Man hat auch die Meinung gehegt, daß die Elektrizität als Reizmittel auf Pflanzenleben einwirkt und viele phantastische Projekte sind vorgeschlagen worden, um den

Gartenbau durch Hülfe künstlicher Elektrizität zu verbessern. Es ist jedoch nutzlos, auf dergleichen Spekulationen sich einzulassen, deren Falschheit durch Ingenhouß dargethan ist, welcher durch die genaueste Untersuchung erkannte, daß der Pflanzenwuchs in einer merkbaren Weise durch gewöhnliche Elektrizität weder gehemmt noch befördert wird. Die Versuche von Van Marum jedoch, worin derselbe fand, daß die Elektrizität die Ausdünstung der Pflanzen steigere, scheinen einiges Vertrauen zu verdienen; wie er aber selbst bemerkt, kann die Wirkung durch den gesteigerten Luftstrom von den Theilen elektrisirter Blätter veranlaßt worden sein. Seine Bemerkungen über den Einfluß der Elektrizität auf die Sinnpflanze (Mimosa pudica) verdienen ebenfalls erwähnt zu werden. Die bloße Annäherung eines elektrischen Leiters, ob derselbe mit positiver oder negativer Elektrizität beladen war, brachte keine Wirkung auf die Pflanze hervor; als aber Funken herausgenommen wurden, fielen die Blätter ebenso zusammen, wie dies durch Erschütterung mechanischer Art geschehen wäre; in anderer Hinsicht erlitt die Pflanze keine Veränderung. Im Hedysarum gyrans, eine Pflanze, die sich durch fortwährende, drehende Bewegung ihrer Blätter auszeichnet, schien die Elektrizität weder auf Beschleunigung noch Hemmung der Bewegung Einfluß zu üben.

188. Der Durchgang von Schlägen durch lebendige Pflanzen zerstört sogleich die Lebenskraft in denjenigen Theilen, wodurch der Schlag hindurchging. Es ist wirklich sehr leicht, Pflanzen durch Elektrizität zu tödten. Ein sehr kleiner Schlag, der durch den Stengel einer Balsamine hindurchgesandt wird, ist für ihre Zerstörung genügend. Wenige Minuten nach Durchgang des Schlages wird die Pflanze hinfällig, Blätter und Zweige werden welk und das Leben hört auf. Eine kleine Leydener Flasche mit 6—8 Quadratzoll überzogener Oberfläche genügt gemeiniglich für diesen Zweck, der sogar dadurch erlangt worden kann, daß man allein einige Funken aus dem Hauptconduktor einer Elektrisirmaschine leitet. Der Schlag, durch welche diese zerstörenden Wirkungen hervorgebracht werden, ist wahrscheinlich zu unbeträchtlich, um die Gefäße der Pflanze zu sprengen, oder eine wesentliche Störung in ihrer Organisation hervorzubringen. Auch erkennt man nicht bei genauester Untersuchung einer so durch Elektrizität getödteten Pflanze, daß die inneren Gefäße oder irgend ein anderer Theil sichtbaren Schaden erlangt haben.

189. Aus den Versucheu von Achard ergibt sich, daß eine Gährung des Pflanzenstoffes durch Elektrizität beschleunigt wird.

190. Der allgemeine, aus diesen Untersuchungen zu folgernde Schluß besteht darin, daß schwache Elektrizität keinen sichtbaren Einfluß auf thierisches oder Pflanzenleben äußert; wenn sie aber in gewaltigen Schlägen überliefert wird, so ist ihre zerstörende Wirkung derjenigen ähnlich, die der Blitz erzeugt.

Zwölftes Kapitel.

Instrumente zur Erlangung schwacher Elektrizität.

191. Bevor wir die Entwicklung der Elektrizität unter verschiedenen Umständen betrachten, ist es zweckmäßig, eine Beschreibung verschiedener Instrumente zu geben, die zu Aufsammlung und Aeußerung schwacher Elektrizitätsgrade erforderlich sind, welche sonst sich nicht entdecken ließen. Alle diese Instrumente sind nach dem Grundsatz elektrischer Induktion verfertigt und ihre Wirkungsweise wird am besten verstanden werden, wenn man zuerst die Aufmerksamkeit auf den Elektrophor wendet (Beständiger Elektrizitätsträger).

192. Das Instrument, Elektrophor genannt, wurde 1774 von Volta erfunden, einem Naturforscher, dessen Name mit vielen wichtigen Entdeckungen in Bezug auf Elektrizität verknüpft ist. Er besteht aus drei Theilen; der wesentliche Theil, welcher die Elektrizität liefert, ist ein Kuchen von einem elektrischen Stoff (E Fig. 39.), z. B. Schwefel, Gummilack, Siegellack, Pech oder aus einer anderen harzigen Zusammensetzung. Dieser wird auf einer leitenden Platte (Teller) S, Sohle genannt, geschmolzen, welche einen Rand hat, um die Flüssigkeit zu halten und gerinnen zu lassen. Der dritte Theil der Vorrichtung besteht aus einer runden Metallplatte C, die mit einer isolirenden Handhabe auf der oberen Oberfläche versehen ist; dies heißt der Deckel. Bisweilen ist derselbe aus Holz und auf allen Seiten mit einer Zinnfolie bedeckt, die an den Rändern gerundet ist, um die Zerstreuung der Elektrizität zu hemmen. Um die Vorrichtung thätig zu machen, wird die Oberfläche des Kuchens durch Reibung mit Pelz oder Flanell elektrisch erregt und der Stoff wird so negativ elektrisch. Der Deckel, an einer isolirenden Handhabe gehalten, muß alsdann auf den Kuchen gesetzt werden; in

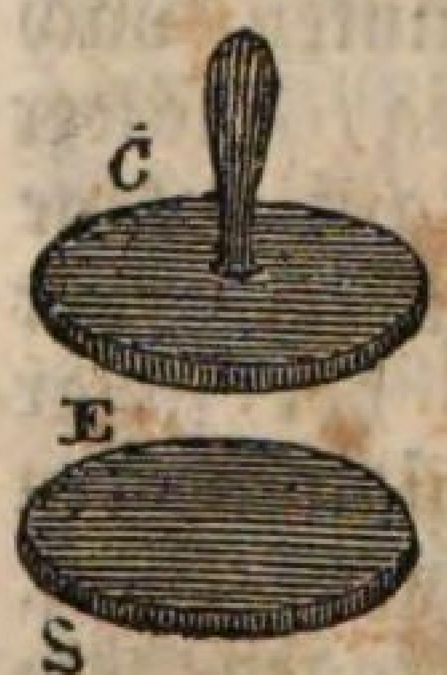


Fig. 39.

dieser Lage kömmt er nicht mit dem Kuchen in genügende Berührung, um dessen Elektrizität zu erhalten, sondern erlangt durch Induktion auf der unteren Oberfläche einen entgegengesetzten und auf der oberen einen ähnlichen Zustand, d. h. indem der Kuchen negativ ist, wird die untere Seite des Deckels positiv und die obere negativ. Wird die obere Oberfläche in diesem Zustand oder die obere negative Oberfläche mit dem Finger oder mit einem andern Leiter berührt, der mit der Erde in Verbindung steht, so geht vom letzteren ein Funke zu dem Deckel über, so daß das elektrische Gleichgewicht wieder hergestellt wird und der hinzugefügte Betrag Elektrizität wird durch den Induktionseinfluß des Kuchens beibehalten. Wird aber die Platte erhoben, vorausgesetzt sie wird durch die isolirende Handhabe gehalten, so wird der Deckel positiv beladen, da die Wirkung des Kuchens entzogen ist, und die positive Elektrizität läßt sich einem isolirten Leiter oder eine Leydener Flasche mittheilen. Dies Verfahren läßt sich unzählige Male wiederholen, da die Elektrizität des Kuchens während des ganzen Vorgangs sich nicht vermindert, und so läßt sich eine Ladung von gleicher Stärke wie die des Deckels, wenn er erhoben ist, der Flasche mittheilen. Man weiß, daß ein Instrument sein Vermögen Monate lang unvermindert beibehält, und es läßt sich deßhalb als eine Art Magazin von Elektrizität betrachten. Wird der Deckel einfach auf den Kuchen gestellt und wieder erhoben, ohne ihn vorher zu berühren, so würde er kein Zeichen von Elektrizität offenbaren. Wird die Sohle des Elektrophors isolirt, so kann man daraus einen Funken erhalten, wenn der Kuchen erregt worden ist; berührt man den Deckel, während er auf dem Kuchen gestellt ist, mit dem Finger und zu gleicher Zeit die Sohle mit dem Daumen, so empfindet man einen unmerkbaren Schlag in jenem Theile der Hand.

193. Volta ist auch der Erfinder eines Instrumentes, welches nach demselben Grundsatz, wie der Elektrophor wirkt und welches er den Condensator (Verdichter) nannte, dessen Zweck dahin geht, eine schwache Elektrizität, die über eine große Oberfläche verbreitet ist, in einen Körper von kleinem Umfang aufzusammeln, worin ihre Stärke sich verhältnißmäßig steigern wird und deßhalb untersucht werden kann. Eine kleine Metallplatte mit dem Stoff verbunden, dessen Elektrizität bestimmt werden soll, wird in geringer Entfernung von einer andern Platte gebracht, die mit der Erde in Verbindung steht. Der kleine Theil Elektrizität, welcher aus dem zu untersuchenden Stoff von der ersten Platte em-

pfangen wird, wirkt durch Induktion auf die zweite Platte und verursacht, daß sie den entgegengesetzten elektrischen Zustand annimmt; dieser letzte Zustand wirkt auf die erste Platten zurück, indem er deren Fähigkeit für die zuerst empfangene Elektrizität steigert und strebt dahin, einen großen Betrag in ihr aufzuhäufen, welcher Betrag aus dem Stoff hergeleitet werden muß, womit sie in Verbindung steht. Diese gegenseitige Wirkung und Gegenwirkung dauert fort, bis ein Gleichgewicht erlangt worden ist. Wird die Mittheilung zwischen dem untersuchten Stoff und der ersten Platte abgebrochen und wird die so isolirte Platte von der Nähe der zweiten Platte entfernt, so wird die angehäufte Elektrizität womit sie geladen ist, erkennbar, wenn man ein gewöhnliches Elektroskop anwendet, wie ein solches 13 und 14 beschrieben worden ist.

194. Man hat dem Condensator verschiedenartige Formen gegeben, ohne daß der Grundsatz, wonach er wirkt, dadurch verändert wurde. Im Allgemeinen werden die zwei Platten allein durch eine dünne Luftschichte getrennt. Bisweilen werden ihre Oberflächen mit einem nichtleitenden Firniß bedeckt, welcher eine Verbindung der Elektrizität von der einen Platte zur andern verhindert, während er eine sehr nahe Annäherung der Platten zu einander gestattet. Gegen dies Verfahren aber läßt sich der Umstand einwenden, daß der Firniß bisweilen eine bleibende Elektrizität durch Reibung zusammenzieht, welche auf die regelmäßige Wirkung des Instrumentes Störung äußert. Eine der gewöhnlichsten Formen ist die des condensirenden (verdichtenden) Elektrometers (Fig. 40.), worin die erste Platte des Condensators A an die Kappe des Goldpläktchen-Elektroskopes geheftet ist; die zweite Platte B, welche durch eine Kette mit dem Boden in Berührung steht, ist um ein Gelenk C beweglich und kann so rückwärts gewandt und von der ersten Platte entfernt werden, so daß ihre Elektrizität sich durch Auseinandergehen der Goldblättchen erkenntlich machen kann.

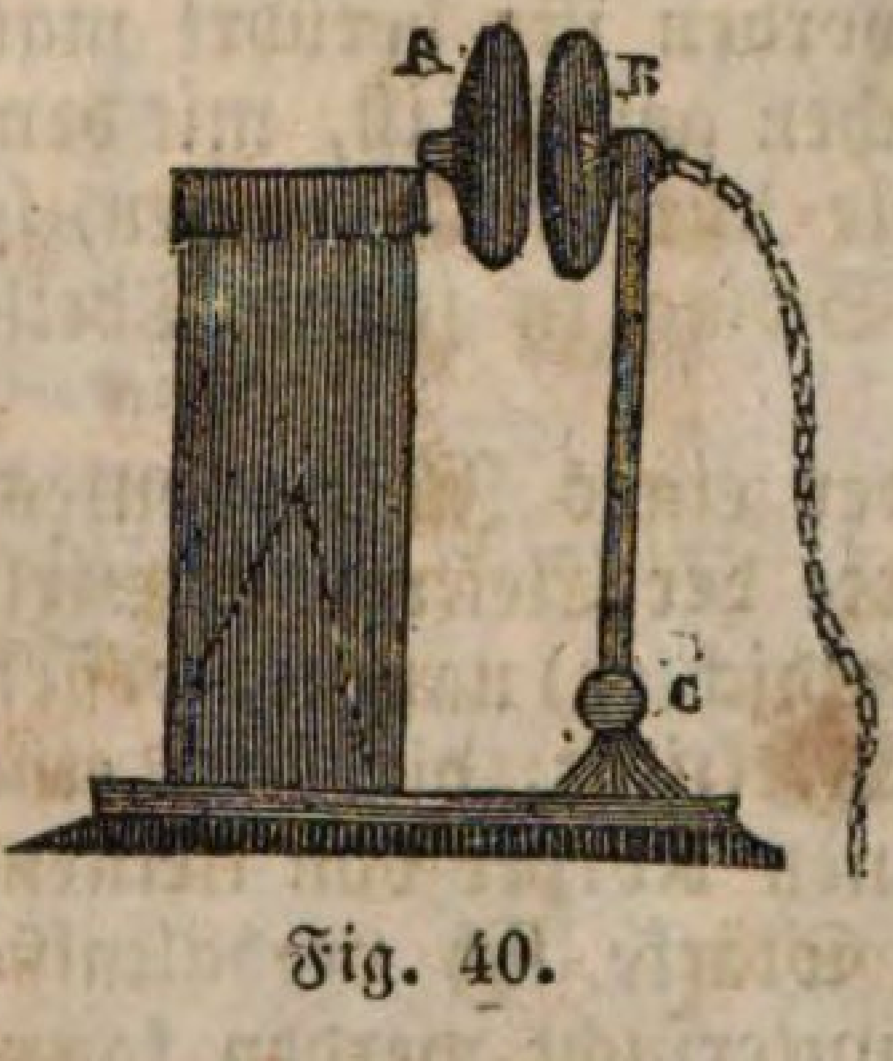


Fig. 40.

195. Die Instrumente, Verdoppler genannt (Duplicatoren), sind so eingerichtet, daß sehr kleine Beträge Elektrizität, die einem Theil der Vorrichtung mitgetheilt sind, durch Ausführung gewisser Bewegungen fortwährend verdoppelt werden können, bis sie durch Elektroskope erkennbar

sind. Die erstere Erfindung dieser Art, war die von Bennet, die aus drei Messingplatten bestand, welche wir A B C, nennen wollen. Die Platte A hat eine isolirende Handhabe auf ihrem Mittelpunkt befestigt, während die Platte B eine ähnliche Handhabe in ihrem Umfange hat. Die untere Seite von A und beide Seiten von B sind mit Firniß bedeckt. Die dritte Platte C ist ebenfalls von Messing und nur auf der oberen Seite mit Firniß überzogen, indem die untere Seite mit dem Elektroskop von Goldblättchen in Verbindung steht. Der Körper, dessen Elektrizität erprobt werden soll, wird mit der unteren Seite der Platte C in Verbindung gesetzt, welche das Elektroskop berührt, während B auf C gestellt und alsdann mit dem Finger berührt wird. Die Verbindung zwischen den elektrisirten Körpern wird alsdann entfernt und B wird durch die isolirende Handhabe emporgehoben. A wird hierauf vermittelst seiner Handhabe auf das so erhobene B gesetzt. Alsdann wird A berührt und nach Fortziehung des Fingers von B getrennt. In diesem Vorgang erlangt B eine Elektrizität, die der von C entgegengesetzt ist, und A eine Elektrizität, die der von B entgegengesetzt ist, d. h. dieselbe wie von C. Bringt man die so elektrisirte Platte A zunächst an die untere Oberfläche von C und B wieder über C und berührt man es wie vorher mit dem Finger, so wird darauf von den Elektrizitäten in C und A eingewirkt, und es erlangt so durch Induktion beinahe den doppelten Betrag, den es bei dem ersten Verfahren erlangt hatte. Die Folge wird darin bestehen, daß beinahe alle freie Elektrizität von A und C sich in C vereinigt. A kann jetzt entfernt werden und nach Wegziehung des Fingers kann man auch B entfernen, worauf C den doppelten Betrag Elektrizität haben wird, den es von dem Körper empfangen hatte, mit dem es zuerst in Berührung stand.

Wenn die Elektrizität nach dieser Verdopplung der Platte C noch zu schwach ist, um durch das Elektroskop angezeigt zu werden, so muß dieselbe Reihe von Verfahren zehn und sogar zwanzigmal wiederholt werden; durch die Verdopplung, die jedesmal stattfindet, muß der kleinste Grad Elektrizität zuletzt erkennbar werden, da sie am Ende des zwanzigsten Verfahrens auf mehr wie 500,000mal gesteigert ist. Obgleich die häufige Wiederholung des Verfahrens langweilig scheinen mag, so läßt sich dasselbe sehr leicht in der Weise nach einiger Uebung ausführen, daß es nicht länger wie eine Minute dauert. Man muß mit großer Sorgfalt bei diesen Versuchen darauf sehen, daß man keine Elektrizität durch Reibung des Fingers oder durch ein anderes Mittel

auf den gefirnißten Seiten der Platten erregt; um diesem vorzubeugen, erfand Cavallo die Form eines Instrumentes, welches die Platten in geringe Entfernung von einander bringen ließ, ohne daß wirkliche Berührung stattfand, so daß er die Anwendung des Firnisses gar nicht brauchte. Allein ungeachtet jeder Vorkehrung dieser Art, findet man immer, daß das Instrument Elektrizität von selbst äußert, obgleich ihm keine vorher mitgetheilt worden ist, so daß man sich auf seine Anzeichen zur Entdeckung sehr kleiner Betrage Elektrizität nicht verlassen kann. Es ist deßhalb unnöthig, den besondern Mechanismus zu beschreiben, den Darwin erfand und Nicholson verbesserte, um die Platten in die erforderlichen Lagen zu bringen, und die nothwendigen Lieferungen durch die bloße Umdrehung einer Winde, unter Mithülfe von Räderwerk hervorzubringen, — Instrumente, welche die Namen beweglicher oder sich drehender Duplikatoren und Multiplikatoren (Vervielfältiger) der Elektrizität führen, und welche jetzt durch empfindlichere und in ihrer Wirkung sicherere Instrumente ersetzt worden sind.

Dreizehntes Kapitel.

Entwicklung der Elektrizität durch Veränderung der Temperatur und Form.

196. Es gibt gewisse Mineralkörper, welche bei gewöhnlicher Temperatur im neutralen Zustand Elektrizität durch Erwärmung oder Abkühlung erlangen. Diese Eigenschaft findet sich allein bei regelmäßig krystallisirten Mineralien, und hierunter ist der merkwürdigste der Turmalin, ein Stein von beträchtlicher Härte, welcher sich auf vielen Theilen der Erde und hauptsächlich auf der Insel Ceylon vorfindet. Die Holländer, welche ihn zuerst auf dieser Insel kennen lernten, gaben ihm den Namen Aschentrigger (Aschenzieher) wegen seiner Eigenschaft, Asche anzuziehen, wenn er ins Feuer geworfen ist. Es ergibt sich aus den Untersuchungen Watson's, daß auch Theophrastus die anziehende Eigenschaft dieses Steines kannte, der ihn unter dem Namen Lyncarium beschreibt. Linné nannte ihn Lapis electricus. Die Form seiner Krystalle ist gemeiniglich die eines neunseitigen Prisma, welches mit dreiseitiger Pyramide an einem Ende und mit sechsseitiger am andern ausgeht. Lemery beobachtete seine

elektrische Eigenschaften im Jahr 1717. Die erste wissenschaftliche Untersuchung aber war die von Alpinus 1756, welche in den Memoiren der Berliner Akademie herausgegeben wurde. Alpinus fand, nach Erwärmung des Turmalins, in einer Temperatur zwischen 100—112° Fahrenheit, daß das eine Ende, welches mit der sechsseitigen Pyramide ausgeht, positiv elektrisch geladen wird, während das andere Ende negativ ist, so daß ein sehr empfindliches Elektroskop Einfluß erleidet. Ist der Stein beträchtlich groß, so kann man Lichtblitze auf der Oberfläche sehen. Wilson, der viele Versuche hierüber gemacht hat, beobachtete, daß ein flacher Turmalin seine Elektrizität ohne Veränderung beibehielt, nachdem er eine halbe Stunde lang heftiger Wärme ausgesetzt war; Canton aber, als er diese Versuche wiederholte, erhielt nicht dieselben Ergebnisse. Hauy gibt an, daß ein sehr hoher Wärmegrad die Elektrizität des Turmalins zerstört. Nachdem dies geschehen ist, erlangt er wieder seine Elektrizität durch allmählige Abkühlung; in dem Fall aber werden die elektrischen Zustände gewöhnlich umgekehrt; dasjenige Ende oder Pol, wie man dies nennt, welches früher positiv war, wird jetzt negativ und umgekehrt. Die Elektrizität äußert sich nur auf den Gipfeln der Pyramiden, womit der Krystall sich endet; die zwischenliegenden Theile geben kein Zeichen elektrischer Erregung, wenn nicht der Stein in Stücke zerbrochen wird, und alsdann besitzt jedes Stück einen positiven und negativen Pol, ebenso wie der ganze Krystall. Diese Thatsache entspricht in auffallender Weise einer Eigenschaft in dem Magneten. Bei gewöhnlicher Temperatur der Atmosphäre wird der Turmalin durch Reibung elektrisch.

197. Verschiedene andere Edelsteine und krystallisirte Mineralien besitzen dieselbe Eigenschaft. Die Lichterscheinung einiger Diamanten nach der Erwärmung wird von Sir Humphry Davy ihrer elektrischen Erregung zugeschrieben. Der Boracit, welcher aus boraxsaurer Magnesia besteht, die in Würfeln mit unvollständigen Rändern und Winkeln krystallisirt, wird durch Wärme elektrisch, und zeigt bei einer Spielart nicht weniger wie acht Seiten, die abwechselnd in verschiedenen Zuständen sich befinden, d. h. in vier positiven und vier negativen, wobei die entgegengesetzten Pole in der Richtung der Krystallaxen liegen. In denjenigen Spielarten, worin nur vier Winkel des Krystalles verstümmelt, d. h. von den Ebenen abgeschnitten sind, während die übrigen entweder ganz, oder durch mehr wie eine Ebene ersetzt sind, werden die ersteren dieser Winkel immer positiv, die letzteren negativ.

198. Aehnliche Eigenschaften besitzt der Topas, welcher aus kieselhaltiger flußsaurer Alaunerde besteht; seine elektrischen Pole liegen auf den zwei entgegengesetzten Gipfeln der sekundären Krystalle. In einigen Orten fand Hauy eine Reihe aufeinander folgender Pole, die abwechselnd positiv und negativ waren. Axinit, Mesotyp und Prehnit werden durch eine Anwendung von Wärme elektrisch, ebenso die beiden folgenden Metalloxyde, nämlich Galmey, ein Zinkoxyd, und Sphen, ein kalk-kieselartiges Oxyd von Titanium. Dessaignes hat kürzlich bewiesen, daß alle Metallkörper einer schwachen elektrischen Erregung durch Temperaturwechsel fähig sind. Aus Hauy's Untersuchungen ergibt sich, daß diese elektrische Eigenschaft in Mineralkörpern mit den Gesetzen ihrer Krystallisation und auch mit der Richtung genau verwandt ist, worin sie das Licht am bereitwilligsten hindurch lassen.

199. Sehr viele Stoffe werden elektrisch, wenn sie von flüssiger in feste Form übergehen. Dies gilt vom Schwefel, Gummilack, Bienenwachs, und im Allgemeinen von allen harzigen Körpern; wenn wir jedoch nicht gehörige Vorsichtsmaßregeln treffen, so erhalten wir häufig keine Andeutungen dieser Elektrizität, weil sie gewöhnlich verborgen oder gebunden, d. h. unthätig durch die entgegengesetzte Elektrizität der anliegenden Stoffe geworden ist. Wird z. B. Schwefel über dem Feuer in einem eisernen Kochlöffel geschmolzen und alsdann abgekühlt und gehärtet, so äußert er kein Zeichen von Elektrizität, weil die negative Elektrizität des Schwefels genau von der positiven Elektrizität im Gegengewicht gehalten wird, die sich in dem eisernen Geschirr, welches ihn enthält, ansammelt. Wird aber der Schwefel aus dem Löffel entfernt, welches geschehen kann, wenn man ihn wieder auf kurze Zeit erwärmt, so daß gerade die mit dem Eisen in Berührung stehende Oberfläche schmilzt, und wenn man ihn alsdann durch Umkehrung des Löffels davon trennt, so wird seine Elektrizität sehr sichtbar, nachdem man den Schwefel in dieser Lage hat abkühlen lassen. Wird der Schwefel in einem Weinglas geschmolzen, dessen kegelförmige Gestalt gestattet, ihn herauszunehmen, wenn er abgekühlt ist, so werden die entgegengesetzten Elektrizitäten der zwei Oberflächen sich offenbaren; die des Schwefels ist alsdann negativ, die des Glases positiv; wird aber der Schwefel wieder ins Glas gethan, so verschwinden alle Zeichen der Elektrizität. Die durch den Vorgang der Abkühlung entwickelte Elektrizität wurde von Wilke, der sie zuerst beobachtete, freiwillige Elektrizität als Gegensatz gegen diejenige genannt, die durch Reibung entsteht und die er erregte nannte. Van Marum

jedoch schreibt die Elektrizität, welche durch Trennung der zwei Stoffe entsteht, einer Art Reibung zu, denn er bemerkte, daß die Elektrizität sich nicht eher äußert, als bis der Schwefel beim Gerinnen sich zusammenzieht, und daß sie ihren höchsten Grad auf dem Punkte der größten Zusammenziehung erlangt.

200. Welche Veränderung auch durch das Gerinnen im elektrischen Zustande erzeugt sein mag, so scheint die Voraussetzung vernünftig, daß das Gegentheil durch Schmelzung hervorgebracht wird; wir kennen jedoch keine Versuche, die in Bezug auf diese Frage gemacht worden sind.

201. Die Verwandlung der Körper in den Zustand der Dämpfe ist ebenso wie die Verdichtung des Dampfes meist mit einer Veränderung ihres elektrischen Zustandes begleitet, und die Körper, welche mit dem Dampf in Berührung stehen, werden dadurch elektrisch. Wird eine stark erwärmte Metallplatte auf ein Elektroskop von Goldplättchen gestellt und Wasser auf die Platte getröpfelt, so werden die Blättchen des Elektroskops, im Augenblick, wo der Dampf sich erhebt, mit negativer Elektrizität auseinandergehen. Diese allgemeine Thatsache ward von Laplace, Lavoisier und Volta 1781 beobachtet, und man fand, daß sie sich sowohl auf feste Körper wie Flüssigkeiten ausdehnte, die eine Gasform annahmen. Saussure stellte eine ausgedehnte Reihe von Versuchen über das Auflösen des Wassers und anderer Flüssigkeiten mit der Absicht an, den Grad und die Art der Elektrizität zu bestimmen, welche während dieses Vorgangs sich entwickelte. Nachforschungen dieser Art aber sind mit großer Schwierigkeit wegen der Menge von Nebenumständen verbunden, die auf das Ergebniß Einfluß haben. Wir finden somit, daß verschiedene Versuche derselben Art oft zu dem entgegengesetzten Schluß führen.

202. Im Allgemeinen findet es sich, daß die Verdunstung des Wassers durch einfache Aufkochung negative Elektrizität in der übrigbleibenden Flüssigkeit oder in dem enthaltenden Gefäß erzeugt; der Dampf selbst ist positiv. Dagegen wird Wasserdampf, verdichtet, negativ und läßt den Körper, womit er zuletzt in Berührung kam, im Zustande positiver Elektrizität. In einigen Versuchen Saussure's aber war die Elektrizität sehr stark positiv, als die Wärme einem Betrag Wasser in einem isolirten Geschirr dadurch mitgetheilt wurde, daß man eine Masse rothglühenden Eisens hineinwarf. Der Unterschied im Resultat beruhte wahrscheinlich auf der chemischen Zersetzung des Wassers in letzterem Versuche, ein Umstand, der, wie wir jetzt sehen werden,

an sich selbst eine Quelle der Elektrizität ist. Hauptsächlich wegen Einwirkung chemischer Thätigkeit auf die regelmäßigen Wirkungsweisen der Temperatur und wegen der Verwicklungen, welche durch elektrische Induktion eingeführt worden sind, haben die Versuche hierüber bisher so verschiedenartige und scheinbar mit einander in Widerspruch stehende Resultate geboten.

Vierzehntes Kapitel.

Entwicklung der Elektrizität durch Berührung, Zusammendrückung und andere mechanische Veränderungen in den Körpern, so wie auch durch chemische Thätigkeit.

203. Man hat lange eher vermuthet wie bewiesen, daß ein schwacher Grad Elektrizität sich durch Berührung oder Zusammendrücken verschiedener Metalle entwickelt. Diese wichtige Thatsache ist 1801 von Volta auf die deutlichste Weise bewiesen worden. Die hiebei gebrauchte Vorrichtung bestand aus zwei Scheiben, einer von Zink, einer von Kupfer (Fig. 41), im Durchmesser von etwas mehr wie 2″, die vollkommen eben geschliffen und auf der Mitte isolirende, senkrecht auf ihren Oberflächen stehende Handhaben hatten, vermittelst derer man sie in Berührung bringen konnte, ohne sie mit der Hand zu berühren. Nach dieser Vorsicht brachte man die Scheiben an einander, bis sie sich berührten, worauf man sie wieder trennte, indem man sie beim Zurückziehen gegen einander parallel hielt. Die Elektrizität, welche sie nach dieser Trennung besaßen, wurde alsdann vermittelst eines Condensators untersucht, und damit die Wirkungen deutlicher würden, wurde die durch eine Anzahl aufeinanderfolgender Berührungen hervorgebrachte Elektrizität in demselben Condensator aufgehäuft, indem man Sorge trug, die Scheiben nach jeder Berührung in den neutralen Zustand zu versetzen. Man fand stets, daß die Kupferscheibe den Condensator mit negativer und die Zinkscheibe mit positiver Elektrizität lud. So wurde als allgemeine Thatsache erkannt, daß diese zwei Metalle isolirt und in ihrem natürlichen Zustande durch gegenseitige Berührung entgegengesetzte Zustände erlangen,

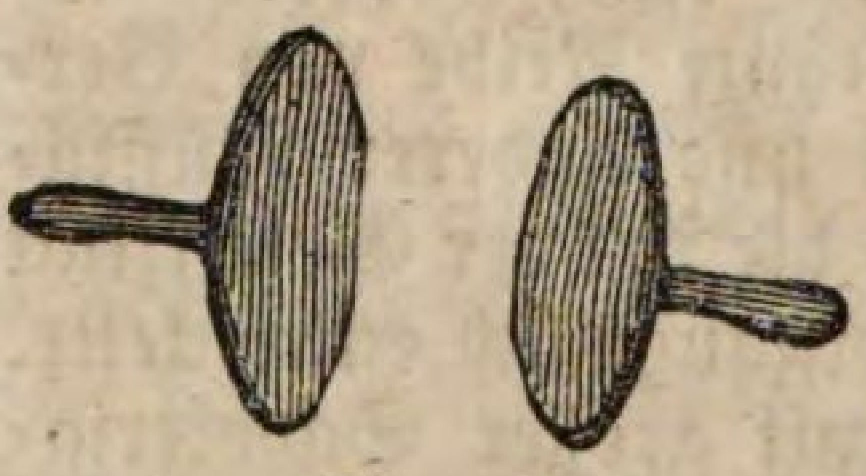


Fig. 41.

das Zink wird positiv und das Kupfer in gleichem Grade negativ.

204. Diese merkwürdige Thatsache, welche allen früher als bestimmt herausgestellten Gesetzen elektrischen Gleichgewichts zu widerstreben scheint, ist noch nicht genügend erklärt worden. Die Uebertragung der Elektrizität von einem Metall zum andern während der Berührung, begreift die Wirkung einer neuen Kraft, welche keine Theorie bis jetzt enthält. So lange die Berührung bewahrt wird, gibt keines der Metalle eine Andeutung seines elektrischen Zustandes, da die Elektrizität verborgen ist; wie dies mit den Ueberzügen einer Leydener Flasche der Fall sein würde, wenn wir voraussetzen könnten, daß beide in wirklicher Berührung aber unfähig seien, eine Uebertragung der Elektrizität von einem zum andern zu gestatten, so daß beide in neutralen Zustand zurückkehrten. Wir werden Gelegenheit haben, die Betrachtung dieses merkwürdigen Umstandes in der Abhandlung des Galvanismus wieder aufzunehmen, womit er in genauer Verbindung zu stehen scheint.

205. Einige Körper werden durch Druck elektrisch. Diese Eigenschaft findet sich in bemerkenswerthem Grade bei jeder durchsichtigen Spielart kohlensauren Kalkes, den man unter dem Namen Kalkspath kennt. Hält man (nach Hauy) ein Krystall dieses Spathes, welches die Form eines Rhomboids hat, an den zwei entgegengesetzten Enden in einer Hand, berührt man zugleich zwei seiner Parallelflächen leicht mit zwei Fingern der andern Hand und nähert es dann einer kleinen Nadel des Elektroskopes (12), so zeigt sich eine bestimmte Anziehung. Wendet man einen noch stärkeren Druck an, so ist auch die elektrische Flüssigkeit beträchtlicher; die Elektrizität ist in allen Fällen positiv. Hauy bemerkt, daß diese Eigenschaft hauptsächlich denjenigen krystallinischen Mineralien einwohnt, welche sich durch mechanische Theilung in ebene und glatte Flächen verwandeln lassen, z. B. Topas, besonders die farblose Art, Euclase, Arragonit, flußsaurer Kalk und kohlensaures Blei. Unter diesen Stoffen, in denen Reibung negative Elektrizität erzeugt, finden sich einige, welche nur gedrückt zu werden brauchen, um dieselbe Wirkung zu erzeugen. Ein Beispiel findet sich bei elastischem Bitumen, wenn man dasselbe in eine für den Versuch passende Form geschnitten hat. Becquerel hat kürzlich entdeckt, daß viele andere Stoffe, wie Kork, Baumrinde, Haare, Papier und Holz ebenfalls die Eigenschaft besitzen, Elektrizität durch Druck zu erzeugen.

206. Manche Stoffe zeigen, in Pulver verwandelt, Elek-

trizität, wenn man sie auf eine isolirte Metallplatte fallen läßt. Diese Thatsache wurde zuerst von Bennet beobachtet, nachdem er sein Elektroskop mit Goldplättchen erfunden hatte. Er fand, daß gepulverte Kreide in einen Blasebalg gethan und auf die Kappe des Elektroskopes geblasen, dem Instrument positive Elektrizität ertheilt, wenn die Röhre des Blasebalges ungefähr 6″ von der Kappe entfernt ist; denselben Strom gepulverter Kreide elektrisirt sie negativ in der Entfernung von 3′. Wenn man einen größeren Strom aus einem Blasebalg ohne Röhre bläst, so ist die Elektrizität immer negativ, und dieselbe Wirkung findet statt, wenn man das Pulver von einer andern Platte auf die Kappe des Instrumentes fallen läßt. Dieser Gegenstand wird von Cavallo erforscht; die vollkommenste Reihe von Versuchen besteht aber in denen von Singer, welcher die beiden folgenden Methoden in seinen Untersuchungen anwandte: Erstens streute er die Pulver auf die Kappe eines empfindlichen Elektrometers durch ein feines Sieb, welches nach jedem Verfahren durchaus gereinigt wurde; zweitens setzte er eine isolirte Kupferplatte zu wiederholten Malen mit den ausgedehnten Oberflächen der auf einen trockenen Papierbogen gestreuten Pulver in Berührung. Die Kupferplatte wurde dabei nach jeder Wiederholung der Berührung an den Condensator gebracht, bis eine genügende Ladung mitgetheilt worden war.

207. Folgende Stoffe erzeugen nach Singer negative Elektrizität, wenn sie durch ein Sieb auf die Kappe des Elektrometers gestreut werden: Kupfer, Eisen, Zink, Zinn, Bismuth, Antimonium, Nickel, Reisblei, Kalk, Magnesia, Baryterde, Strontianit, Alaunerde, Kiesel, braunes Kupferoxyd, weißes Arsenikoxyd, rothes Eisenoxyd, Bleiglätte, Bleiweiß, essigsaures Kupfer, schwefelsaures Kupfer, schwefelsaure Ammonia, kohlensaure Pottasche, kohlensaurer Kalk, salzsaure Ammonia, gemeine Perlasche, Boraxsäure, Weinsteinsäure, Cremor Tartari, salzsaure Pottasche, reine Pottasche, reine Soda, Harz, Schwefel, schwefelsaurer Kalk, Stärke, Operment.

208. Folgende Stoffe erzeugen positive Elektrizität unter denselben Umständen: Weizenmehl, Hafermehl. Bärlappe, Quassia, gepulverte Kardamome, Kohle, schwefelsaure Pottasche, salpetersaure Pottasche, essigsaures Blei, Zinnoxyd.

209. Folgender Katalog zeigt die Resultate der Versuche der Berührung mit einer Kupferplatte, wobei die verschiedenen Stoffe unter derjenigen Elektrizität eingereiht sind, die sie erlangen, welche der Elektrizität der Kupferplatte ent-

gegengesetzt ist. Positiv: Kalk, Baryterde, Strontianit, reine Soda, reine Pottasche, gemeine Perlasche, kohlensaure Pottasche, kohlensaure Soda, Weinsteinsäure. Negativ: Benzoesäure, Boraxsäure, Kleesäure, Citronsäure, Kiesel, Alaunerde, Schwefel, Harz. Diese Versuche wurden mehremale mit gleichförmigem Ergebniß wiederholt.

210. Die erwähnte Art elektrischer Erregung ist wahrscheinlich nur eine Art Reibung, die nur durch die Art ihrer Anwendung von der gewöhnlichen verschieden ist. In anderen Fällen aber zeigen sich die Wirkungen der Berührung weit bestimmter, z. B. wenn Zinkspäne durch Löcher in einer Zinkplatte auf die Kappe eines Elektrometers gestreut werden.

211. Folgender Versuch Lichtenbergs ist eine gute Erläuterung der entgegengesetzten elektrischen Zustände verschiedener Pulver. Man ziehe mit dem Knopf einer geladenen Flasche auf der Oberfläche einer glatten Glasplatte oder auf einer Harzsubstanz verschiedene Linien nach Belieben, und wiederhole dann dasselbe Verfahren auf anderen Theilen mit dem Knopf einer mit der entgegengesetzten Elektrizität beladenen Flasche. Man bestreue die so bereitete Oberfläche vermittelst einer Puderquaste dünn mit einem Staube aus einer Mischung von gepulvertem Schwefel und Mennig, die vorher zusammen in einem Mörser gestampft sind. Durch die so erzeugte Berührung und Reibung wird der Schwefel negativ und der Mennig positiv; jedes Pulver auf die Platte gestreut, wird sich an die entgegengesetzten elektrisirten Linien heften und so eine Reihe rother und gelber Umrisse bilden. Auch ist zu bemerken, daß die Bildungen dieser und anderer Pulver je nach Art der Elektrizität verschieden sind, welche auf die Platte eingedrückt ist; positive Elektrizität erzeugt ein Aeußeres, welches Federn gleicht, negative eine Anordnung von Sternen.

212. Der wichtigste Umstand bei dieser Untersuchung betrifft die Verbindung zwischen Elektrizität und den chemischen Eigenschaften der Materie. Sir H. Davy hat bemerkt, daß die meisten Stoffe, die auf einander in bestimmter Weise elektrisch einwirken, ebenfalls chemisch auf einander einwirken, wenn ihre Theilchen eine Freiheit der Bewegung haben. Dies ist der Fall bei verschiedenen Metallen, bei Schwefel und Metallen, bei Säuren und alkalinischen Stoffen. Von zwei einander berührenden Metallen erlangt das eine, welches die größte chemische Anziehung zum Sauerstoff hat, positive, und das andere negative Elektrizität; so daß, wenn man sie nach Art ihrer Oxydirbarkeit anordnet (Zink, Eisen, Zinn, Blei, Kupfer, Silber, Gold, Platina), ein jedes positiv wird, wenn es mit einem folgenden der

Reihe, und negativ, wenn es mit einem vorhergehenden in Berührung kömmt. Bei Berührung von Säuren mit Basen, z. B. von Krystallen aus Kleesäure mit trockenem ungelöschtem Kalk, wird die erstere negativ, die letztere positiv. Alle Säuren-Krystalle, mit einer Metallplatte berührt, machen dieselbe positiv, die Krystalle selbst aber werden negativ.

213. Körper, die elektrische Wirkung durch gegenseitige Berührung zeigen, bevor die chemische Wirkung auf einander eintritt, verlieren dies Vermögen während ihrer Verbindung. Bringt man eine polirte Zinkplatte mit der Oberfläche trockenen und schnell getrennten Quecksilbers in Berührung, so wird dasselbe positiv elektrisch und die Wirkung wird durch Wärme gesteigert; ist aber die Wärme so groß, daß das Zink sich mit dem Quecksilber amalgamirt, d. h. chemisch vereint, so zeigt sich länger kein Zeichen der Elektrizität. Aehnlich ist der Fall zwischen Kupfer und Schwefel; Eisen auf Quecksilber angebracht, erzeugt mehr Elektrizität wie Zink, offenbar, weil es unvermögend ist, unter gewöhnlichen Umständen eine chemische Verbindung mit Quecksilber zu bilden.

214. Andererseits kann keine Frage darüber herrschen, daß Elektrizität sich gelegentlich, wenn auch nicht allgemein, aus chemischer Wirksamkeit bildet. Wir haben so eben gesehen, daß eine trockene Säure in Berührung mit einem Metall negativ wird, welches dadurch folglich positiv wird. In diesem Fall hat keine chemische Verbindung stattgehabt. Becquerel hat aber erwiesen, daß die Säure, wenn sie anstatt der trockenen krystallischen eine flüssige Form hat, und dadurch chemisch auf das Metall einwirken kann, positiv und das Metall negativ wird. Derselbe Schluß läßt sich aus Versuchen von Lavoisier und Laplace auf die Wirkung verdünnter Schwefelsäure auf Eisenfeilspäne beobachten. Auch Wollaston hat durch Versuche dargethan, daß die Oxydation der Metalle Elektrizität erzeugt; aus diesen Versuchen scheint zu erhellen, daß die Elektrizität, die man in der gewöhnlichen Elektrisirmaschine erhält, hauptsächlich aus dieser Quelle stammt; als er nämlich ein Amalgama von Silber und Platina als Reibsubstanz anwandte (zwei Metalle, welche wenig der Oxydation ausgesetzt sind), konnte er sich keine Elektrizität verschaffen. Ein Amalgama von Zinn dagegen gab ihm große Menge Elektrizität. Zink wirkt stets besser wie Zinn; das beste Amalgama besteht aber aus Zinn und Zink, eine Mischung, die sich bereitwilliger oxydirt, wie jedes Metall besonders. Zum weiteren Versuch, ob Oxydation in der Erzeugung der Elektrizität mitwirkt, wurde ein kleiner Cylinder mit Kissen und Conduktor in einem

Gefäße von solcher Einrichtung angeordnet, daß die enthaltene Luft nach Belieben gewechselt werden konnte. Nachdem der Grad der in der atmosphärischen Luft vorhandenen Erregungen erkannt war, wurde Kohlensäure an die Stelle gesetzt, worauf die Erregung nicht wieder erneut werden konnte, während sie sogleich bei der Wiederzulassung der gemeinen Luft wieder erzeugt wurde. Man muß jedoch anerkennen, daß Sir H. Davy bei Wiederholung dieser Versuche zu einem entgegengesetzten Resultate gelangte. Er gibt nämlich an, daß die Maschine gleich gut im Wasserstoff, wie in atmosphärischer Luft wirkte, und sogar thätiger in Kohlensäure war, ein Umstand, den er der größeren Dichtigkeit des Gases zuschreibt.

215. Elektrizität entwickelt sich oft durch Vorgänge, die von chemischen Veränderungen unabhängig sind. Dies ergibt sich aus ihrer Erzeugung durch die Reibung zweier Körper derselben Art aufeinander, wie schon angegeben worden ist (35). Ferner auch durch die starke Elektrizität, die sich bei der Trennung der Theile desselben Körpers äußert. Wird z. B. ein Stück trockenes und warmes Holz plötzlich auseinandergerissen, so sind die beiden Oberflächen, welche getrennt wurden, elektrisirt, die eine positiv, die andere negativ; ein Lichtblitz wird erblickt, wenn der Versuch im Dunkeln geschieht. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn Platten Frauenglas plötzlich auseinandergerissen werden; von den beiden Oberflächen ist alsdann die eine positiv, die andere negativ. Brewster entdeckte, daß der Bruch nichtausgeglühter Glastropfen mit der Entwickelung elektrischen Lichtes verbunden war, welches den ganzen Glastropfen durchzog, so daß seine Formen im Dunkeln deutlich sichtbar wurden. Das Licht zeigt sich sogar, wenn der Versuch unter Wasser geschieht.

216. Man hat allen Grund zur Annahme, daß die Elektrizität wesentlich bei den Vorgängen betheiligt ist, die bei dem lebendigen Systeme der Thiere und Pflanzen stattfinden. In der thierischen Oekonomie besonders wird ihre Wirksamkeit in den Vorgängen der Absonderung, in den Thätigkeiten der Muskeln und Nerven und wahrscheinlich in allen Lebensverrichtungen angezeigt. Es gibt mehre Arten Fische, die mit dem Vermögen begabt sind, große Massen Elektrizität anzuhäufen, die sie nach Belieben durch leitende Körper entladen können, welche mit ihnen in Berührung kommen, so daß sie heftige Schläge ertheilen. Dies Vermögen findet sich in ausgezeichnetem Grade beim Zitterrochen (Torpedo); ferner beim elektrischen Aal (Gymnotus

electricus), beim Silurus electricus, Trichiurus Indicus und Tetraodon electricus. Da dieser Gegenstand ebenso wie alle anderen, welche sich auf thierische Elektrizität beziehen, Betrachtungen enthält, die eigentlich zum Galvanismus gehören, so werden wir davon reden, wenn wir diesen Zweig der Wissenschaft über Elektrizität behandeln.

Fünfzehntes Kapitel.

Elektrizität der Atmosphäre.

217. Da der Gegenstand der atmospärischen Elektrizität insbesondere ein Zweig der Meteorologie ist, so werden wir uns hier mit einer kurzen Angabe der Hauptthatsachen begnügen.

218. Die Atmosphäre befindet sich meist in einem elektrischen Zustande. Dies läßt sich dadurch erkennen, daß man eine Metallstange auf einige Höhe über den Boden erhebt, welche am unteren, zu isolirenden Ende mit einem Elektroskop versehen ist. Um die Elektrizität der höheren Luftgegenden einzusammeln, kann man einen Drachen steigen lassen, in dessen Schnur ein dünner Metalldraht zu verweben ist, so daß er die Elektrizität leitet. Ist das Elektroskop zur Genüge empfindlich, so wird es gewöhnlich das Vorherrschen positiver Elektrizität in der Atmosphäre ankündigen, deren Kraft sich steigert, je nachdem die untersuchte Schicht höher liegt. Im gewöhnlichen Zustand der Atmosphäre ist die Elektrizität immer positiv; sie ist stärker im Winter wie im Sommer und zur Nacht stärker wie bei Tage. Vom Sonnenaufgang an steigt sie zwei bis drei Stunden lang und nimmt dann gegen die Mitte des Tages ab, wobei sie zwischen Mittag und 4 Uhr meist am schwächsten ist. So wie die Sonne sich senkt, wird ihre Kraft wieder gesteigert bis zur Zeit des Sonnenuntergangs, worauf sie sich vermindert und die Nacht hindurch schwach bleibt. Bei wolkichtem Wetter ist der elektrische Zustand weit ungewisser; bewegen sich mehre Wolkenschichten in verschiedenen Richtungen, so ist sie großen und schnellen Veränderungen ausgesetzt und wechselt bisweilen vom Positiven zum Negativen und umgekehrt im Verlaufe weniger Minuten. Bei der ersten Erscheinung des Nebels, Regens, Schnees, Hagels oder Graupeln ist die Elektrizität der Luft meist negativ und oft in hohem Grade, nachher aber erleidet sie häufig Ueber-

gänge in entgegengesetzte Zustände. Bei der Nähe eines Gewitters folgen diese elektrischen Zustände aufeinander mit bemerkenswerther Geschwindigkeit; starke Funken werden in großem Ueberfluß aus dem Conduktor entsendet und die Anstellung von Versuchen wird gefährlich, wenn er in isolirtem Zustande sich befindet.

219. Die Aehnlichkeit des elektrischen Funkens und besonders der explodirenden Entladung einer Leydener Flasche mit atmosphärischem Donner und Blitz ist zu auffallend, als daß man sie sogar im Anfange der Untersuchungen über Elektrizität hätte außer Acht lassen sollen. Sie wurde von Wall und Gray und noch bestimmter von Abbé Nollet bemerkt. Franklin erhielt einen so starken Eindruck über die mannigfachen Aehnlichkeitspunkte von Blitz und der Elektrizität, daß er die Ueberzeugung hegte, beide seien dasselbe, und daß er beschloß, durch bestimmten Versuch die Wahrheit seiner Vermuthung herauszubringen. Einen Kirchthurm, der damals in Philadelphia erbaut wurde, hielt er zuerst für ein günstiges Mittel, um dasselbe bei einer Untersuchung zu benützen. Als er auf dessen Vervollständigung wartete, gab ihm der Anblick eines Papierdrachens, den ein Knabe hatte steigen lassen, den Gedanken ein, auf ähnliche Weise seinen Zweck noch leichter zu erreichen. Nachdem er einen Drachen aus zwei großen seidenen Schnupftüchern über zwei Stöcken in der Form eines Kreuzes verfertigt hatte, ging er bei der ersten Nähe eines Gewitters, Juni 1752, von seinem Sohne begleitet aufs Feld, dem er allein seinen Plan mittheilte. Er ließ den Drachen steigen, befestigte einen Schlüssel an das untere Ende der hanfenen Leine, isolirte dieselbe, indem er sie mit Seide an einen Pfosten band, und erwartete das Ergebniß in höchster Spannung. Eine beträchtliche Zeit verging, ohne daß die Vorrichtung ein Zeichen von Elektrizität gab, obgleich eine dichte, offenbar mit Blitz beladene Wolke über den Ort, wo sie standen, vorüberging; Franklin gab bereits die Hoffnung auf Erfolg auf, als seine Aufmerksamkeit durch die Emporsträubung einiger lockerer Fasern an der hanfenen Leine in Anspruch genommen wurde; er hielt sogleich seine Knöchel an den Schlüssel und empfing einen elektrischen Funken. Natürlich gerieth er in heftige Aufregung über diese Entdeckung, die seinen Namen schon allein unsterblich gemacht haben würde, wäre auch seine Wirksamkeit keine weitere gewesen. Der Regen fiel jetzt in Strömen und machte durch Benetzung der Schnur dieselbe in ihrer ganzen Länge zum Leiter, so daß elektrische Funken in großem Ueberfluß daraus gezogen werden konnten.

Es ist jedoch zu erwähnen, daß ungefähr einen Monat, bevor Franklin diesen glücklichen Versuch machte, ein ähnliches Ergebniß von Dalibard und de Lors in Frankreich erlangt wurde, welche die von Franklin vorgeschlagenen Verfahrungsweisen befolgten. Der Ruhm der Entdeckung aber wird Franklin allgemein ertheilt, da von ihm das Verfahren stammte, wodurch die Resultate erlangt wurden.

220. Diese wichtige Entdeckung wurde mit großem Eifer, von allen Naturforschern in Europa verfolgt. Die ersten, welche Versuche anstellten, setzten sich bedeutender Gefahr bei ihren Bemühungen aus, den Blitz aus den Wolken zu ziehen, wie bald das Unglück des Professors Richmann in Petersburg erwies (6. August 1753). Dieser hatte eine Vorrichtung zur Betrachtung atmosphärischer Elektrizität verfertigt und war bei einer Versammlung der Akademie der Wissenschaften gegenwärtig, als er einen fernen Donner vernahm. Er eilte sogleich nach Hause, indem er seinen Kupferstecher Sokolow mit sich nahm, damit dieser die Erscheinungen zeichnen möge, die sich etwa bieten könnten. Als er den Elektrometer untersuchte, blitzte eine ungeheure Feuerkugel von der leitenden Stange hinab, die isolirt war, fuhr an Richmanns Kopf, ging ihm durch den Körper und tödtete ihn sogleich. Ein rother Fleck fand sich auf der Stirne, wo die Elektrizität eingetreten war. Der Schuh war zerborsten und ein Theil der Kleider versengt; auch sein Gefährte war getroffen und blieb einige Zeit lang besinnungslos. Das Thürgerüst war zerspalten und die Thüre selbst aus den Angeln gerissen.

221. Der Schutz von Gebäuden vor den Wirkungen des Blitzes ist die wichtigste Anwendung der Theorie der Elektrizität. Wir haben hier nur Raum für wenige Bemerkungen über die Grundsätze, nach denen Leiter der Art gebaut werden müssen. Sie müssen aus Metallstangen, die am oberen Ende gespitzt sind, bestehen und die eine solche Stellung haben, daß sie nur wenige Fuß über dem höchsten Theil des Gebäudes hervorragen, zu dessen Sicherung sie bestimmt sind. Man muß sie ohne Unterbrechung fortsetzen, bis sie in den Boden unter die Grundlage des Hauses gelangen. Kupfer ist dem Eisen als Material vorzuziehen, da es weniger der Zerstörung durch Rost oder Schmelzen ausgesetzt ist und da es auch ein größeres Leitungsvermögen besitzt. Die Dicke der Stange muß $\frac{1}{2}$—1″ betragen und die Spitze muß vergoldet oder aus Platina verfertigt sein, damit sie um so wirksamer vor Rost geschützt ist. Eine wichtige Bedingung bei dem schützenden Conduktor besteht darin,

daß keine Unterbrechung von der Spitze bis zum Boden stattfindet; ein Vortheil ergibt sich aus der Verbindung durch Metallstreifen aller bleiernen Wasserröhren oder anderer bleiernen Metallmassen im Gebäude oder dessen Nähe, so daß sich ein fortlaufendes System von Leitern vorfindet, um die Elektrizität durch verschiedene Kanäle in den Boden zu leiten. Das untere Ende der Leiter muß in die Erde geführt werden, bis es Wasser oder wenigstens eine feuchte Schichte erreicht. Zum Schutz der Schiffe macht man Ketten aus einer Reihe von Eisenstangen, die in einander gegliedert und durch ihre Biegsamkeit für ihren Zweck sehr zweckmäßig sind; sie müssen sich vom höchsten Punkt des Mastes in die See ausdehnen und der untere Theil muß auf einige Weite von der Seite des Schiffes durch einen hölzernen Sparren entfernt sein. Die Luft verschlossener Zimmer, durch Athmung verdorben, ist negativ elektrisch.

Sechzehntes Kapitel.

Theoretische Ansichten über die Natur der Elektrizität.

222. Die vorhergegangene Darstellung der auf Elektrizität bezüglichen Erscheinungen bereitet uns auf die Betrachtung derjenigen Untersuchung vor, welche die Natur dieses gewaltigen und geheimnißvollen Wirkungsmittels und die Theorie seiner Wirksamkeit betreffen. Die erste sich darbietende Frage betrifft dessen materielle Natur. Außer den wohlbekannten mechanischen Kräften, welche der gewöhnlichen wägbaren Materie angehören, zeigen die Naturerscheinungen uns eine andere Klasse von Kräften, deren Gegenwart sich durch gewisse Wirkungen zur Genüge äußert, jedoch mit keiner erkennbaren Veränderung im Gewicht der Körper begleitet ist, mit denen sie in Verbindung kommen. Zu dieser Klasse gehört Wärme, Licht, Elektrizität und Magnetismus, wovon ein jedes gewisse Veränderungen auf materielle Körper entweder chemisch oder mechanisch erzeugt, welche man na- natürlicher Weise in solcher Art betrachtet, als seien dieselben Wirkungen einer durch den Anstoß materieller Wirkungsmittel mitgetheilten Bewegung; diese Wirkungsmittel aber müssen von so feiner und verdünnter Art sein, daß sie der Erkenntniß entgehen, wenn wir Schwere und Trägheit darauf anwenden wollen. Gestehen wir der Wärme und dem

Licht eine materielle Natur zu, so führt uns die Analogie dahin, daß wir denselben Charakter der Elektrizität und dem Magnetismus ertheilen, obgleich beide nicht wägbar sind.

223. Die materielle Natur der Elektrizität wird noch wegen anderer Gründe vertreten; das stechende Gefühl des elektrischen Funkens, der heftige Schlag, der die elektrische Ladung begleitet, die lebhafte Lichtlinie, welche den Lauf bezeichnet, die mannigfachen Töne, welche den Durchgang durch die Luft begleiten, die unwiderstehliche Wuth, womit sie das dichteste Gefüge aus einander reißt — Alles dieses scheint die mechanische Wirkung eines plötzlichen und gewaltigen Anstoßes anzudeuten; Alles scheint auf das Hindurchstürzen eines Stromes von Flüssigkeit hinzuweisen, der ein genügendes Moment besitzt, um diese gewaltigen Bewegungen zu erzeugen. Können wir eine materielle Natur demjenigen verweigern, das wir nicht allein sehen und hören, sondern auch empfinden?

224. Man hat sich bemüht, diese Meinung durch verschiedene Versuche zu bekräftigen, nach welchen man auf die Mittheilung des Anstoßes in besonderer Richtung je nach Art der Elektrizität geschlossen hat. Der Luftstrom, welcher aus einem gespitzten Leiter kommt, wenn die Elektrizität hinausgeht, scheint anzudeuten, daß die elektrische Flüssigkeit die Luft mit sich forttreibt. Die Richtung ihrer Bewegung ist noch entschiedener durch die verschiedenen Lichterscheinungen angezeigt, welche die Entweichung der Flüssigkeit aus einem zugespitzten Leiter oder deren Aufnahme durch einen solchen begleiten. (S. Fig. 23.) Wir hatten schon Gelegenheit, die Art zu bemerken, worin diese merkwürdige Erscheinung die Vermuthung über eine einzige Flüssigkeit bestätigt (98).

225. Folgender Versuch ist von Cavallo und Singer zur Bestätigung derselben Meinung angegeben worden. Man stelle auf den Tisch des allgemeinen Entladers eine der Länge nach über ein rundes Richtmaß gebogene Karte, so daß eine hohle, cylindrische Furche entsteht, oder was noch besser ist, man lege zwei gerade Stangen Siegellack parallel gegen einander, so daß die Verbindung ihrer gerundeten Ränder eine Furche bildet; auf diese Furche stelle man eine Kugel aus Holzmark von ungefähr ½″ Durchmesser und richte die Drähte des Entladers mit ihren Spitzen in die Richtung der Furche und 4″ von einander entfernt, indem die Kugel in gleicher Entfernung von jedem gelegen ist. Leitet man eine kleine Ladung von einem Draht zum andern, so wird die Kugel vom positiven zum negativen getrieben und diese Wirkung wird bleibend sein, wenn die Drähte in Spitzen enden;

sind sie aber mit Knöpfen versehen, so schwingt sich der Ball zwischen beiden, weil die anziehenden Oberflächen auf der Kugel die Regelmäßigkeit der Kugel stören und das Ergebniß oft ungewiß machen.

226. Die Natur und der Ort der Durchbohrung, welche beim Durchgang einer elektrischen Ladung in einer Karte entsteht (159), scheint dieselbe Ansicht über die Sache zu begünstigen. Folgender Versuch auch zeigt, daß der Anstoß am stärksten in der Richtung vom positiven zum negativen Leiter gegeben wird. Einige leichte Paare Kartenstreifen in Form von Windmühlenflügeln wie Radien eines Rades, im Umfange eines Korkes eingefügt, der sich frei um eine durch seinen Mittelpunkt als Achse gehende Nadel dreht, werden in Bewegung gesetzt werden, wenn man sie einer elektrischen Spitze nähert, offenbar eine Folge des Luftstroms, der von der Spitze ausgeht; mag die Spitze positiv oder negativ geladen sein, so ist die Richtung der Bewegung nebst dem Luftstrom immer dieselbe; wird aber jenes Rad von Windmühlenflügeln auf einen isolirenden Stiel gesetzt (Fig. 42) und zwischen die

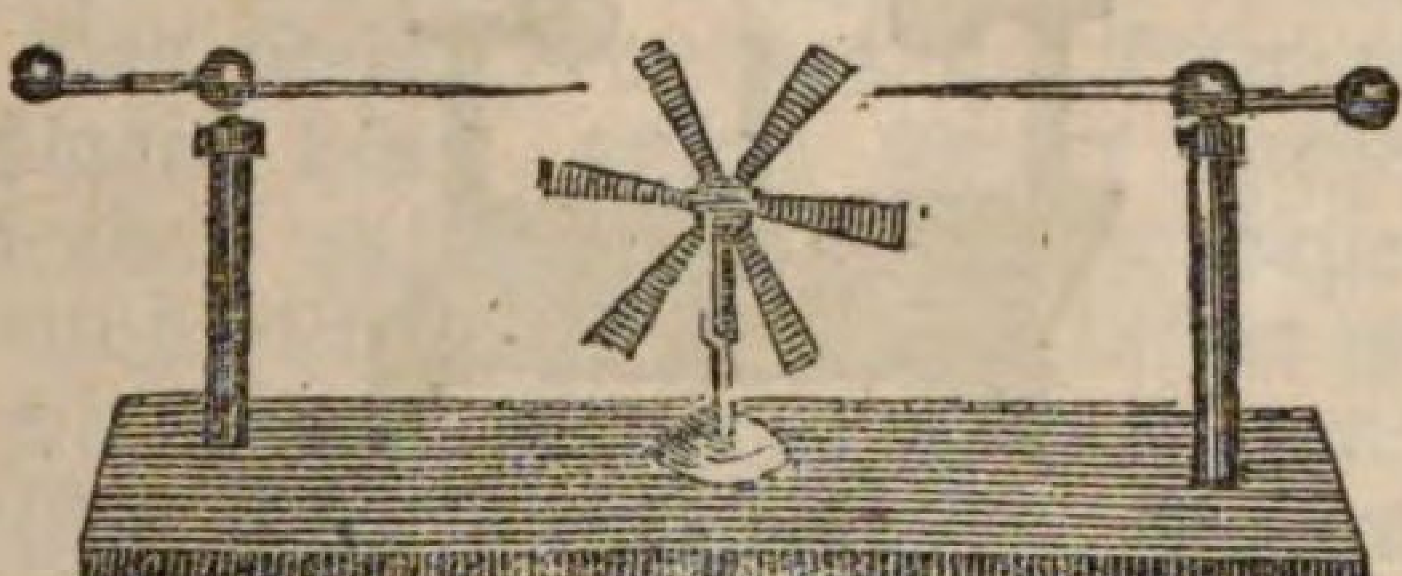


Fig. 42.

gespitzten Drähte eines allgemeinen Entladers gebracht, die so genau wie möglich einander gegenüber und 1″ oder mehr von den oberen Flügeln entfernt stehen, so wird das Rad sich drehen, als werde es durch einen Strom vom positiven bis zum negativen Draht angetrieben, wenn man einen der Drähte mit dem positiven und den andern mit dem negativen Conduktor einer Elektrisirmaschine in Verbindung gesetzt hat und jene elektrisch erregt. Kehrt man die Verbindungen um, so daß die Elektrizität jedes Drahtes sich verändert, so wird die Bewegung des Rades gleicherweise umgekehrt.

227. Stellt man eine Karte scheitelrecht und steckt man sie in ein kleines Korkstück, welches eine Grundlage von ungefähr ¼″, weit genug, daß sie darauf stehen kann, bildet, aber in solcher Weise, daß es durch den kleinsten Anstoß sich umwerfen läßt, und bringt man die gespitzten Drähte des allgemeinen Entladers einander gegenüber und ungefähr ¼″ unter den oberen Rand der Karte, die in gleicher Entfernung

zwischen ihnen steht, so wird die Karte, wenn man die Drähte mit einer Maschine oder einer isolirten Flasche in Verbindung setzt, so daß eine elektrische Ladung zwischen ihnen zu Stande kommt, stets niedergeworfen und vom positiven Drahte zum negativen fallen.

228. Die Bestimmung dieser Richtung eines Stromes elektrisirter Luft wird auch sehr sichtbar durch die Bewegungen eines Rauches oder Dunstes, der im Durchgang der Elektrizität sich befindet. So wird die Flamme einer Wachskerze zwischen zwei Kugeln entgegengesetzter Elektrizität stets von der positiven nach der negativen Seite geblasen werden. Figur 43 stellt zwei hohle Metallkugeln dar von ungefähr $^3/_4$″ Durchmesser, die auf besondere Glasscheiben isolirt sind, wodurch sie in der Entfernung von 2″ von einander gehalten werden; der obere Theil jeder Kugel ist wie eine Tasse gehöhlt, so daß ein kleines Stück Phosphor hinein gelegt werden

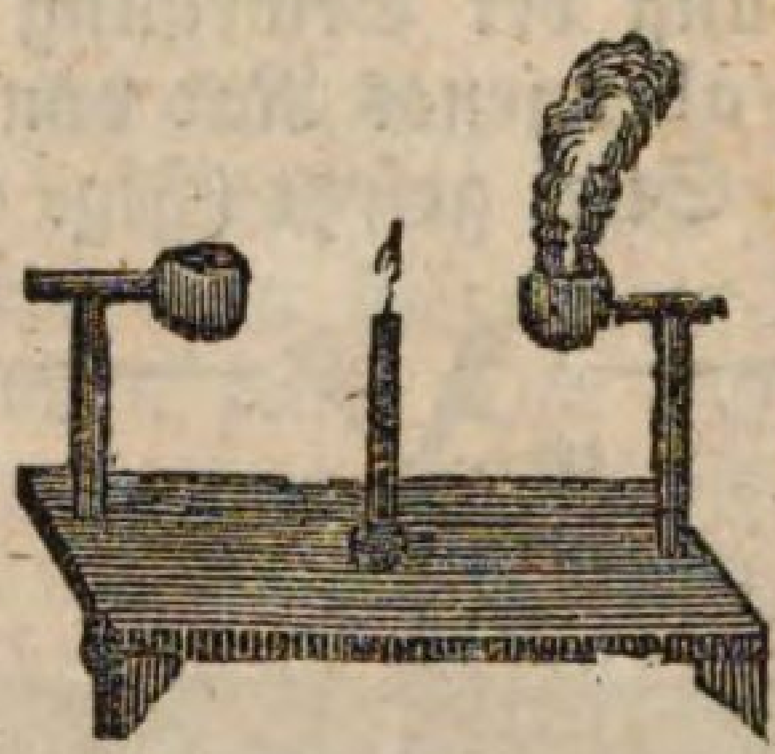


Fig 43.

kann. Die Flamme eines kleinen Lichtes befinde sich in der Mitte beider Kugeln, wovon eine mit dem positiven, die andere mit dem negativen Conduktor der Maschine in Verbindung steht. Sind die Kugeln elektrisirt, so wird die Flamme bewegt, neigt sich zu der negativen, und erwärmt dieselbe zur Genüge, um den Phosphor zu entzünden, während die positive Kugel vollkommen kalt und der Phosphor ungeschmolzen bleibt; kehrt man die Verbindungen der Kugeln mit der Maschine um, so wird der Phosphor in der andern Kugel erwärmt und entzündet.

229. Wie richtig auch der Schluß bei oberflächlicher Ansicht der Sache scheinen mag, daß die elektrische Flüssigkeit wirklich ein Moment besitzt und sich in besonderer Richtung bewegt, so wird eine strenge Analyse der Erscheinungen darthun, daß dieselben in keiner Weise zu dem Schluß berechtigen. Alle mechanischen Wirkungen, welche die Uebertragung der Elektrizitäten begleiten, lassen sich zuletzt in die plötzliche Wirkung einer Abstoßungkraft auflösen, welche unter den Theilchen der Materie geübt wird, die in der Linie ihres

Laufes liegen. Es sind bloß besondere Beispiele des Grundgesetzes elektrischer Thätigkeit, nach welchem Körper, mit derselben Elektrizität geladen, einander abstoßen. So werden Lufttheilchen, die durch einen spitzen Conduktor elektrisirt sind, von dem Conduktor abgestoßen, stoßen ihn ebenfalls ab und stoßen ferner einander ab; dieselbe Wirkung zeigt sich sowohl im positiven wie negativen Zustand. Deßhalb wird der Luftstrom, der von einem elektrisirten Punkt ausgeht, sehr natürlich erklärt. Wenn der Betrag übertragener Elektrizität bedeutend ist, erregt er heftigere Bewegungen unter den Theilchen, auf die er beim Durchgang einwirkt. Die heftige Kraft abstoßender Thätigkeit erzeugt die plötzlichste und erzwungenste Ausdehnung desjenigen Lufttheils, der diese Linie einnimmt; diese sich so ausdehnende Luft muß seitlich gegen die umgebenden Theilchen angetrieben werden, und deren plötzliche Zusammendrückung veranlassen. Die Entwicklung der Wärme und des Lichtes ist die nothwendige Folge dieser heftigen Zusammendrückung und der Anstoß der Schwingung, der sich nach allen Richtungen fortpflanzt, ist die Quelle des Schalles, welchen die elektrische Explosion verbreitet. Das Gefühl, welches der Durchgang des elektrischen Schlages durch unsere Körper entstehen läßt, ist ebenfalls offenbar auf einen Eindruck zu beziehen, der auf die Nerven durch dieselbe Abstoßung geäußert wird. In allem dem sehen wir keinen deutlichen Beweis von der Wirkung eines materiellen Mittels der Thätigkeit, welches, dem Körper selbst fremd, durch mechanischen Antrieb wirkt. Die materielle Natur der Elektrizität muß deßhalb immer nur auf einer ähnlichen Grundlage beruhen, wie die der Wärme und des Lichtes.

230. Wenn die elektrische Kraft oder Flüssigkeit, da wir doch zuletzt sie als solche betrachten müssen, nicht durch mechanisches Moment wirkt, so sind die Beweisgründe zu Gunsten der Bewegung einer einzigen Flüssigkeit vom positiven zum negativen Körper, der aus den Erscheinungen der Lichtströme (97 98), aus dem Antriebe der Kugeln von Holzmark (225), aus der Durchbohrung einer Karte (159), aus Umdrehung von Windmühlenflügeln (226), und aus Treibung der Flamme einer Kerze (228) in einer bleibenden Richtung nothwendig nichtig, und können zu Entscheidung der großen Frage nichts helfen, ob es zwei elektrische Flüssigkeiten oder nur eine gibt. Wir müssen jedoch dennoch untersuchen, durch welchen Grundsatz sich diese auffallenden Unterschiede in den Erscheinungen positiver und negativer Elektrizität in Uebereinstimmung mit einer der beiden Vermuthungen erklären lassen.

231. Bei genauer Untersuchung scheinen sie durch die Voraussetzung erklärbar, daß die Luft oder das Mittel, durch welches die Elektrizität hindurchgeht, nach den Ausdrücken einer Theorie geneigter ist, den Durchgang der Glaselektrizität wie der Harzelektrizität zu gestatten, oder daß sie, um der Franklinschen Theorie gemäß zu reden, geneigter ist, die elektrische Flüssigkeit von einem mit ihr geladenen Leiter zu empfangen, wie dieselbe einem zu wenig geladenen Leiter, der sie einsaugt, mitzutheilen. Die Folgen dieser Vermuthungen sind, daß die Glaselektrizität weniger Widerstand findet, wenn sie von einem Körper in die Luft geht, und deßhalb leichter und auf geraderem Wege überliefert wird, wie die Harzelektrizität. Letztere, weil sie auf einen größeren Widerstand bei ihrem Ausgang trifft, ist in dem umgebenden Raume mehr verbreitet.

Aus der Franklin'schen Theorie folgen dieselben Wirkungen in Bezug auf die Vorwärtstreibung der elektrischen Flüssigkeit aus dem positiven und deren Auffaugung vom negativen Körper.

232. Der Umstand, daß die Besonderheit mechanischer Wirkung der verschiedenen Arten Elektrizität auf den Eigenschaften der Luft beruht, welche der Träger ihrer Wirksamkeit ist, und daß sie nicht von einem besondern Vermögen in der Wirksamkeit selbst abhängt, zeigt sich in der Veränderung eines Versuches, der 159 beschrieben wurde, worin eine gefirnißte Karte zwischen zwei Leitern hängend, auf den Punkten durchbohrt wurde, wo sie vom negativen Drahte berührt war. Bei der Wiederholung desselben Versuchs unter dem Recipienten einer Luftpumpe, fand Tremery, daß der Ort, wo die Karte von dem elektrischen Schlage durchbohrt ward, im Verhältniß wie die Luft erschöpft ist, sich mehr dem positiven Drahte näherte. War der Druck der Luft auf eine Hälfte vermindert, so lag das Loch auf dem mittleren Punkte zwischen beiden Drähten; bei jeder Entladung ging ein Blitz von jedem Leiter zu dem Ort der Durchbohrung über. Die sonderbaren Erscheinungen, welche durch die Ränder der Durchbohrungen in den Blättern eines Buchs Papier geschehen, welche schon beschrieben worden sind (160, 161), lassen sich nicht mit der Vermuthung eines mechanischen Antriebs, der nur in einer Richtung wirkt, in Uebereinstimmung bringen, sondern zeigen die gleiche abstoßende Wirkung beider Elektrizitätarten an, wenn der störende Einfluß der Luft entzogen ist. Eine Bestätigung dieser Vermuthung über die besondere Art des Hindernisses, welches die Luft dem Durchgang der Elektrizität darbietet, wird dadurch geboten, daß andere

Stoffe entdeckt worden sind, welche eine ähnliche Eigenschaft haben. Ermann in Berlin hat gefunden, daß die Alkoholflamme ein größeres Leitungsvermögen in Bezug auf positive wie auf negative Elektrizität besitzt. Alkalinische Seife im Gegentheil leitet negative Elektrizität besser wie positive, und wird deßhalb einen schwachen Grad der letzteren isoliren, während sie zugleich den Durchgang des letzteren gestattet.

233. Man hat gegen die Theorie einer einzigen elektrischen Flüssigkeit stets den Einwurf gemacht, sie begreife nothwendig die Bedingung einer gegenseitigen Abstoßung unter den Theilchen der gewöhnlichen Materie in sich (52). Bevor wir diesen Einwurf zu bekämpfen versuchen, ist es zweckmäßig, in eine vollere Erläuterung des Satzes einzugehen, wie dies bisher von uns geschehen ist. Zu dem Zweck werden wir einige Zeichnungen benützen, welche darauf berechnet sind, die Vorstellungen von den Kräften zu unterstützen, die in den gegenseitigen Wirkungen elektrisirter und neutraler Körper betheiligt sind. Der größeren Deutlichkeit halber wollen wir voraussetzen, daß die ganze Materie in einem Körper, dessen Wirkung wir untersuchen, in einen kleinen Raum zusammengedrängt ist, und wir werden diese Materie durch ein schwarzes Quadrat bezeichnen. In derselben Weise denken wir uns die ganze elektrische Flüssigkeit, welche derselbe Körper enthält, in einen kleinen Raum zusammengedrängt, der durch einen weißen Kreis bezeichnet ist. Die gegenseitige Wirkung der Materie oder der elektrischen Flüssigkeit in zwei anstoßenden Körpern wird durch Linien ausgedrückt, die vom einen zum andern übergehen; die Anziehungen werden durch ganze, die Abstoßungen durch punktirte Linien bezeichnet.

234. Figur 44. zeigt uns einen Körper B in einem neutralen Elektrizitäts-Zustande, worunter zu verstehen ist, daß der Betrag der von ihm enthaltenen Flüssigkeit so genau zum Betrag der Materie im Verhältniß steht, daß ihre Abstoßung in Bezug auf ein Elektrizitätstheilchen F in irgend einer Entfernung genau der Anziehung der Materie in Bezug auf dies Theilchen das Gleichgewicht hält. So lange

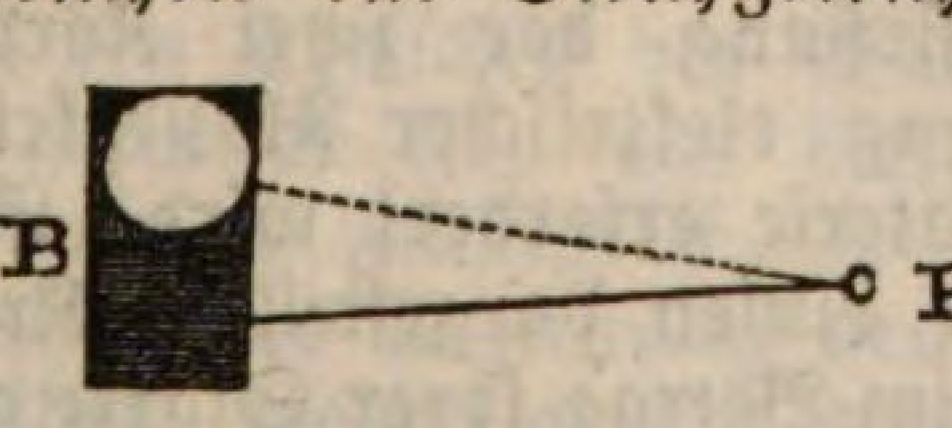


Fig. 44.

dies Gleichgewicht unter den Kräften erhalten wird, welche eine dem Körper fremde elektrische Flüssigkeit sowohl von

ihm weg, wie zu ihm hin treiben werden, ist es klar, daß der Körper weder Elektrizität erwerben noch verlieren wird, sondern ruhen bleibt, mag er isolirt sein oder nicht.

235. Der Zustand der Kräfte, die zwischen zwei ähnlichen neutralen Körpern wirken, ist Figur 45 gezeigt. Aus dem Zustand der Neutralität, wie er oben angegeben ist, erhellt, daß von den zwei anziehenden Kräften, welche durch ganze Linien angegeben worden sind, eine jede der abstoßenden Kraft zwischen den zwei Flüssigkeiten gleich ist, welche die punktirte obere Linie erzielt. Deßhalb müßten sich die Körper einander anziehen, wenn diese Kräfte alle wirkten. Die Hinzufügung einer zweiten abstoßenden Kraft zwischen dem zweiten Theile der Materie, wie sie durch die untere punktirte Linie dargestellt ist, wird deßhalb erfordert, um den Zustand des Gleichgewichtes zu erklären, der unter diesen Umständen wirklich erlangt wird. Einige haben jedoch geglaubt, daß das Gleichgewicht sich erklären läßt, ohne daß man zu gegenseitigen Abstoßungen der Theile der Materie seine Zuflucht nimmt, indem man annimmt, die Abstoßungskraft der elektrischen Theilchen sei das Doppelte der Anziehungskräfte derselben Theilchen der Materie; sie vergaßen dabei, daß eine solche Annahme mit der des neutralen Zustandes der Körper unverträglich ist — dem Zustande, worin wir sie jetzt untersuchen wollen.

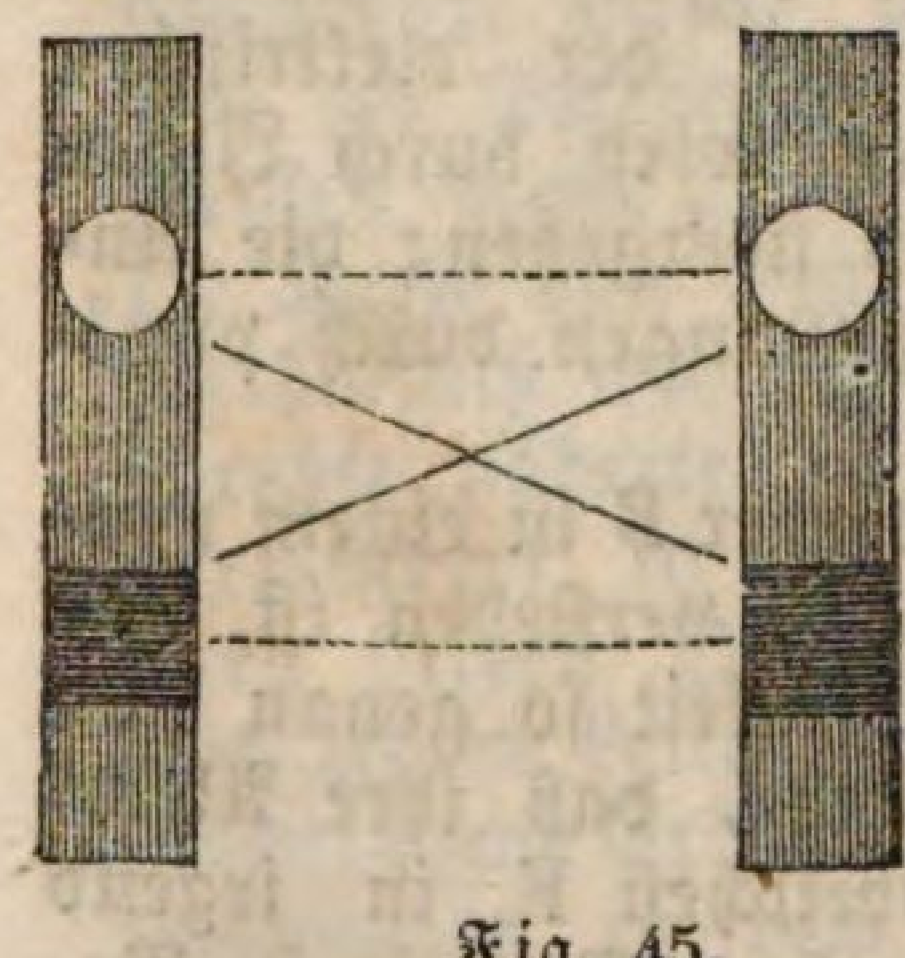


Fig. 45.

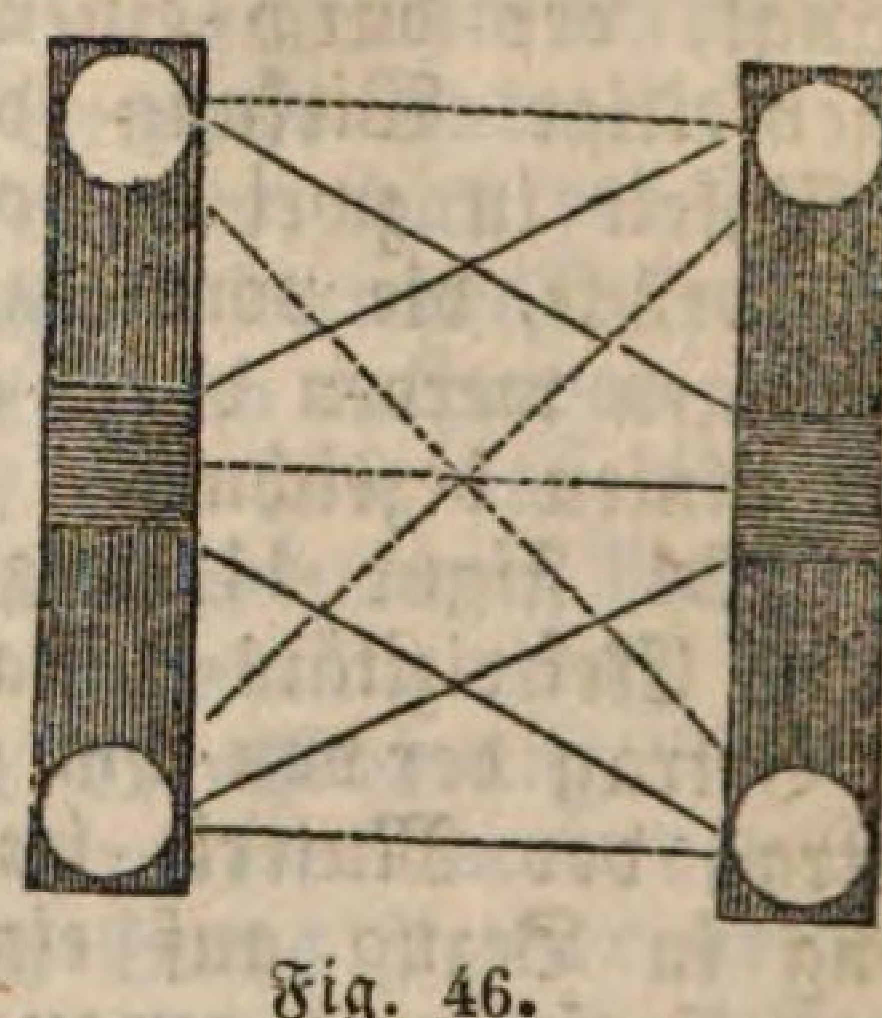


Fig. 46.

236. Die Abstoßung der zwei Körper, wovon jeder zweimal den Betrag elektrischer Flüssigkeit enthält, die für Sättigung der Materie erfordert wird, ist Figur 46 erläutert. Alle durch die Linien dargestellten Kräfte, müssen nach der Voraussetzung im Betrag ihrer Stärke als einander gleich betrachtet werden, die Zahl der abstoßenden Kräfte verhält sich aber wie 5, und die der anziehenden Kräfte nur wie 4; folglich werden die Ersteren vorherrschen.

237. Genau dasselbe Ergebniß läßt sich im Fall zweier negativ elektrisirter Körper erlangen, worin der Betrag der Materie, wie Figur 47 darstellt, zweimal so groß ist, wie die Flüssigkeit sättigen kann, wie in Figur 47 dargestellt ist. Im ersteren Fall wurde das Gleichgewicht durch die Abstoßung der beiden Theile der Flüssigkeit gestört, die im Ueberfluß vorhanden waren; in diesem Fall geschieht dasselbe durch die gegenseitige Abstoßung der ungesättigten Theile der Materie.

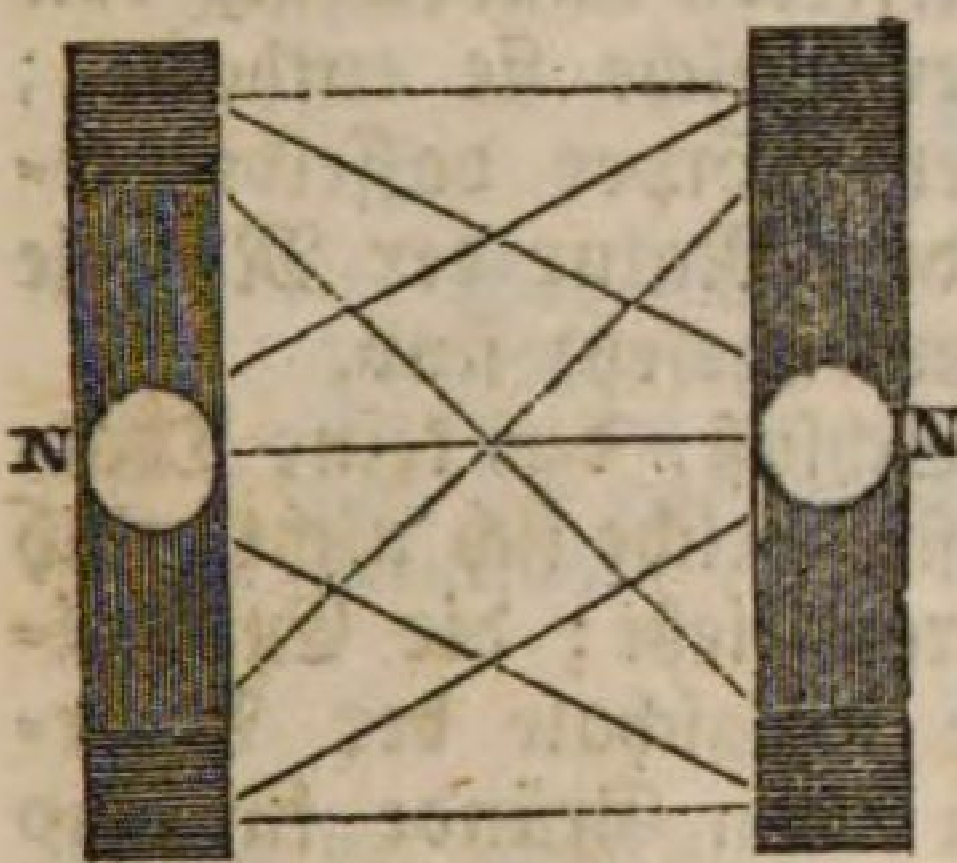


Fig. 47.

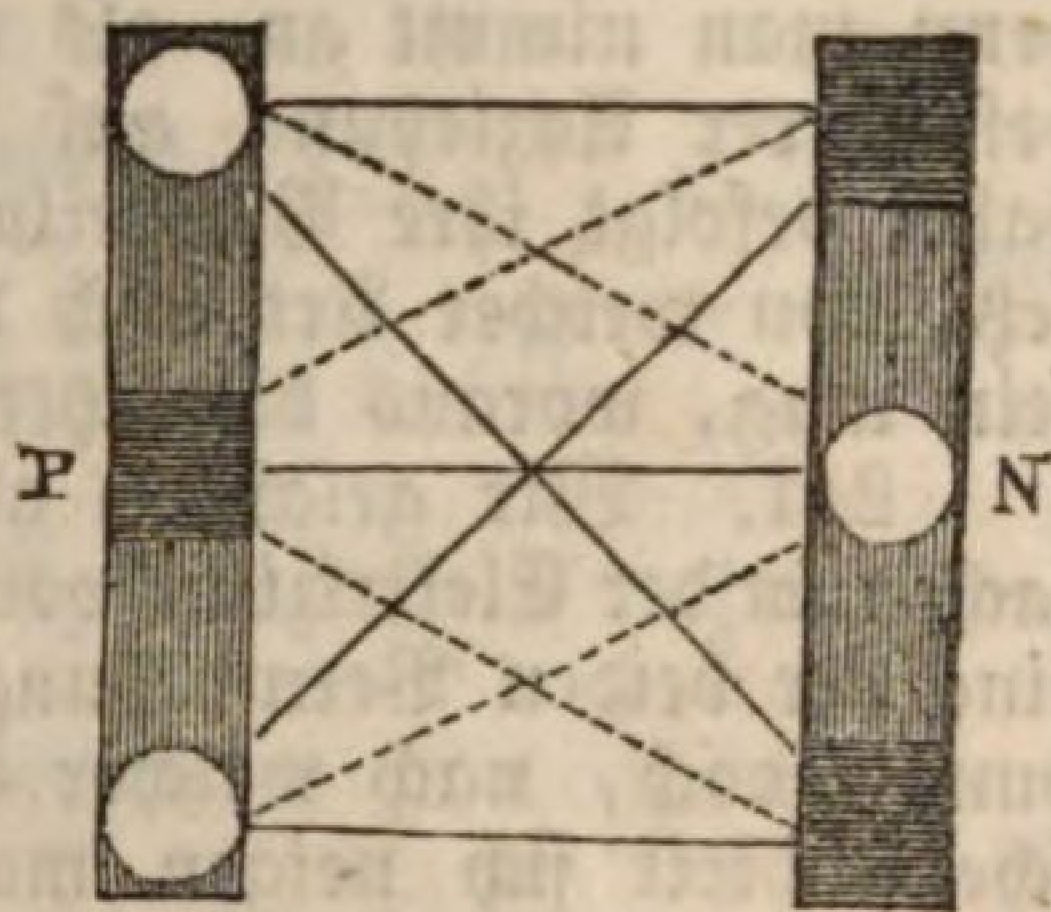


Fig. 48.

238. Endlich können wir aus der Untersuchung (Fig. 48.) schließen, worin ein positiv elektrisirter Körper einen negativ elektrisirten nahe gebracht ist, daß die endliche Wirkung durch die Anziehung zwischen der Flüssigkeit im Uebermaß des ersteren und der ungesättigten Materie des letzteren bestimmt wird. Alle andere Abstoßungen und Anziehungen gleichen einander aus.

239. Man begeht einen bedeutenden, obgleich gemeinen Irrthum durch die Annahme, daß der von Aepinus aufgestellte Satz, wornach die Theilchen der Materie, wenn sie der Elektrizität entbehren, einander abstoßen, mit dem Gesetz der allgemeinen Schwerkraft im Gegensatz stehen, wie es Newton dargestellt hat, denn dieses Gesetz läßt sich in jedem Beispiel, worauf die Untersuchung es angewandt hat, auf die Materie im gewöhnlichen Zustand anwenden, d. h. auf diejenige, welche mit einem gewissen Grad elektrischer Flüssigkeit verbunden ist. Nimmt man an, daß die gegenseitige abstoßende Thätigkeit zwischen den Theilchen der Materie um einen sehr geringen Betrag geringer ist, wie diejenige zwischen den Theilchen der elektrischen Flüssigkeit, so wird ein kleiner Ueberschuß zu Gunsten der Anziehung neutraler Körper aufeinander übrig bleiben, welche gerade diejenige Kraft bilden kann, die unter dem Namen Schwerkraft wirkt, und so lassen sich beide Klassen der Erscheinungen in dasselbe Gesetz einreihen.

240. Ein Einwurf ist von Biot gegen die Annahme einer einzigen Flüssigkeit auf den Grund hin gemacht worden, daß sie einen gleichen Grad der Anziehung zwischen der Flüssigkeit und jeder Art der Materie in sich begreife, da doch bei anderen Wirkungsmitteln, wie Wärme und Magnetismus der Grad der Anziehung in Bezug auf verschiedene Arten Materie sehr verschieden ist. Der Einwurf läßt sich nicht auf die Vermuthung der beiden Flüssigkeiten anwenden, denn man nimmt an, als wirkten dieselben unabhängig von besonderer Anziehung auf die Körper welche sie enthalten; daher befolgt ihre Vertheilung in dem Körper dasselbe Gesetz, von welcher Art auch die besondere Natur der Materie sein mag, woraus die letztern zusammengesetzt sind.

241. Wir gelangen also zum Schluß, daß keine Thatsachen in der Elektrizität vorhanden ist, welche sich nicht durch eine der beiden Vermuthungen erklären ließe; die Entscheidung jedoch, nach welcher Seite die Wagschale der Wahrscheinlichkeit sich neigen mag, wenn man Gründe für und wider in Bezug auf beide abwägt, ist vielleicht mehr der persönlichen Neigung wie dem Urtheil des Untersuchenden anheim gegeben.

Inhalt.

Erstes Kapitel.

Zweites Kapitel.

Drittes Kapitel.

Viertes Kapitel.

Fünftes Kapitel.

Sechstes Kapitel.

Siebentes Kapitel.

Achtes Kapitel.

Neuntes Kapitel.

Zehntes Kapitel.

Seite

Elftes Kapitel.

Zwölftes Kapitel.

Dreizehntes Kapitel.

Vierzehntes Kapitel.

Fünfzehntes Kapitel.

Sechzehntes Kapitel.